

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

#3
av
10/21/01



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月28日

出願番号

Application Number:

特願2000-402395

出願人

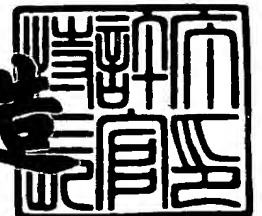
Applicant(s):

株式会社村田製作所

2001年 4月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3032548

【書類名】 特許願

【整理番号】 T3862

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01C 19/56
G01P 9/04

【発明の名称】 外力計測装置

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

【氏名】 持田 洋一

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100079441

【弁理士】

【氏名又は名称】 広瀬 和彦

【電話番号】 (03)3342-8971

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-207128

【出願日】 平成12年 7月 7日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006862

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 0 - 4 0 2 3 9 5

【包括委任状番号】 9004887

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 外力計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸からなる 3 軸方向のうち Y 軸方向に並んで配置され振動発生手段によって X 軸方向に互いに逆位相で振動する複数の質量部と、該各質量部を X 軸方向に変位可能に連結する支持梁と、該支持梁と前記基板との間に設けられ該支持梁を前記基板に接続する固定部と、前記各質量部に角速度または加速度が作用したときに該各質量部が Y 軸と Z 軸のうちいずれか一方の軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とによって構成してなる外力計測装置。

【請求項 2】 前記固定部は支持梁のうち前記各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を前記基板に接続する構成としてなる請求項 1 に記載の外力計測装置。

【請求項 3】 前記支持梁は前記各質量部を Z 軸方向に変位可能に支持し、前記外力検出手段は前記各質量部が Z 軸方向に変位するときの変位量を検出する構成としてなる請求項 1 または 2 に記載の外力計測装置。

【請求項 4】 前記各質量部は、Y 軸方向に対して中央に位置する第 1 の質量部と、Y 軸方向に対して該第 1 の質量部の両側に位置する第 2 の質量部とによって構成し、前記第 1 の質量部は Y 軸方向に変位する質量部支持梁を介して前記支持梁に支持され、前記外力検出手段は前記第 1 の質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量を検出する構成としてなる請求項 1 または 2 に記載の外力計測装置。

【請求項 5】 基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸からなる 3 軸方向のうち振動発生手段によって X 軸方向に振動する第 1 の質量部と、該第 1 の質量部を挟んで Y 軸方向の両側に設けられ振動発生手段によって X 軸方向に振動する第 2 の質量部と、前記第 1 の質量部と第 2 の質量部との間に位置して第 1 の質量部を取囲む第 3 の質量部と、前記第 2 の質量部を互

いにX軸方向に変位可能に連結する支持梁と、該支持梁に対して前記第3の質量部を連結する連結部と、前記第3の質量部に対して第1の質量部をY軸方向に変位可能に連結する質量部支持梁と、前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁を基板に接続する固定部と、前記第1の質量部に角速度が作用するときに該第1の質量部がY軸方向に変位する変位量を角速度として検出する外力検出手段とを備え、前記第1, 第3の質量部と第2, 第4の質量部とは互いに逆位相で振動する構成としてなる外力計測装置。

【請求項6】 前記固定部は支持梁のうち前記第1, 第3の質量部と第2の質量部とが互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を前記基板に接続する構成としてなる請求項5に記載の外力計測装置。

【請求項7】 前記各質量部は、Y軸方向に対して中央に位置する第1の質量部と、Y軸方向に対して該第1の質量部の両側に位置する第2の質量部とによって構成し、前記第1, 第2の質量部はY軸方向に変位する第1, 第2の質量部支持梁を介して前記支持梁にそれぞれ連結する構成としてなる請求項1または2に記載の外力計測装置。

【請求項8】 基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交するX軸, Y軸, Z軸からなる3軸方向のうち振動発生手段によってX軸方向に振動する第1の質量部と、該第1の質量部を挟んでY軸方向の両側に設けられ振動発生手段によってX軸方向に振動する第2の質量部と、前記第1の質量部と第2の質量部との間に位置して第1の質量部を取囲む第3の質量部と、前記第2の質量部を取囲む第4の質量部と、該第4の質量部を互いにX軸方向に変位可能に連結する支持梁と、該支持梁に対して前記第3の質量部を連結する連結部と、前記第3の質量部に対して第1の質量部をY軸方向に変位可能に連結する第1の質量部支持梁と、前記第4の質量部に対して第2の質量部をY軸方向に変位可能に連結する第2の質量部支持梁と、前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁を基板に接続する固定部と、前記第1, 第2の質量部に角速度または加速度が作用するときに該第1, 第2の質量部がY軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とを備え、前記第1, 第3の質量部と第2, 第4の質量部とは互いに逆位相で振動する構成としてなる外力計測装置。

【請求項 9】 前記固定部は支持梁のうち前記第 1，第 3 の質量部と第 2，第 4 の質量部とが互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を前記基板に接続する構成としてなる請求項 8 に記載の外力計測装置。

【請求項 10】 前記外力検出手段は、少なくとも前記各質量部に加わる角速度を加速度から分離して検出するため前記各質量部が互いに逆位相で振動しつつ Y 軸方向に変位するときの変位量を合成して検出する構成としてなる請求項 1，2，3，7，8 または 9 に記載の外力計測装置。

【請求項 11】 前記外力検出手段は、前記第 1 の質量部と第 2 の質量部の間に位置して前記基板に設けられた固定側検出電極と、前記第 1 の質量部に設けられ該固定側検出電極と Y 軸方向の隙間を介して対向する第 1 の可動側検出電極と、前記第 2 の質量部に設けられ前記固定側検出電極と Y 軸方向の隙間を介して対向する第 2 の可動側検出電極とによって構成し、前記外力検出手段は固定側検出電極に対する第 1，第 2 の可動側検出電極の変位量を静電容量の変化として並列に検出する構成としてなる請求項 7 に記載の外力計測装置。

【請求項 12】 前記外力検出手段は、互いに逆位相で振動する前記第 1，第 2 の質量部のうち第 1 の質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量を検出する第 1 の変位量検出部と、前記第 2 の質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量を検出する第 2 の変位量検出部と、前記第 1，第 2 の変位量検出部によりそれぞれ検出した変位量を用いて角速度と加速度とを個別に演算する外力演算部とによって構成してなる請求項 7，8 または 9 に記載の外力計測装置。

【請求項 13】 前記外力検出手段は、前記基板側に固定して設けられ複数の電極部が櫛歯状に並んで形成された固定側検出電極と、前記質量部側に設けられ該固定側検出電極の各電極部と Y 軸方向の隙間を挟んで嚙合する複数の電極部が形成された可動側検出電極とによって構成し、前記外力検出手段は前記固定側検出電極と可動側検出電極との間の静電容量の変化を前記質量部の変位量として検出する構成としてなる請求項 1，2，4，5，6，7，8，9 または 10 に記載の外力計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば角速度、加速度等の外力を検出するのに好適に用いられる外力計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、外力計測装置としては、基板と、該基板により支持梁を介して互いに直交する2方向に変位可能に支持された質量部と、該質量部を前記2方向のうち基板と平行な振動方向に振動させる振動発生手段と、前記質量部が前記振動方向と直交する検出方向に変位するときの変位量を角速度として検出する角速度検出手段とから構成された角速度センサが知られている（例えば、特開平5-312576号公報等）。

【0003】

この種の従来技術による角速度センサは、基板に対して平行なX軸、Y軸と垂直なZ軸のうち、例えばX軸方向に沿って質量部を所定の振幅で振動させ、この状態でZ軸周りの角速度が加わると、質量部にはY軸方向のコリオリ力が作用する。これにより、質量部はY軸方向に変位するので、角速度検出手段は、このときの質量部の変位量を静電容量等の変化として検出することにより、角速度に応じた検出信号を出力するものである。

【0004】

この場合、質量部は、基板に設けられた支持梁によってX軸方向等に変位（振動）可能に支持されている。そして、この支持梁は、基端側が基板に固定され、先端側が質量部に連結されると共に、角速度センサの作動時には、支持梁が撓み変形することによって質量部がX軸方向に振動する構成となっている。

【0005】

また、例えば特開平7-218268号公報に記載された他の従来技術では、音叉型センサと呼ばれる角速度センサを用い、基板上に配置した一对の質量部を互いに逆位相で振動させることにより、質量部から支持梁を介して基板に伝わる振動を一对の質量部によって互いに打消す構成としている。

【0006】

この場合、一对の質量部を支持する支持梁は、例えば各質量部を基板に対して 1 箇所支持するために複数の折曲げ部が形成された複雑な形状を有し、先端側が分岐して各質量部にそれぞれ連結されている。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来技術では、質量部が支持梁を介して基板に連結されているため、質量部が基板上で振動するときには、その振動が支持梁を介して基板側に伝わり易い。

【 0 0 0 8 】

このため、角速度センサの作動時には、振動エネルギーが基板側に漏れることによって質量部の振幅、振動速度等が減少し、角速度によるコリオリ力が小さくなって検出感度が不安定となる虞れがある。また、基板側に振動が伝わると、質量部は、角速度が加わっていないにも拘らず、基板の振動により検出方向に振動することがあるため、角速度の検出値に誤差が生じ易くなり、信頼性が低下するという問題がある。

【 0 0 0 9 】

これに対し、他の従来技術では、一对の質量部を互いに逆位相で振動させることによって基板側に伝わる振動を打消す構成としている。しかし、これらの質量部は、複雑な折曲げ形状をもつ支持梁によって支持されているため、センサの製造時には、例えば支持梁の寸法、形状、撓み変形時の特性等を両側の質量部に対して均等に形成するのが難しい。

【 0 0 1 0 】

このため、他の従来技術では、支持梁の寸法ばらつき、加工誤差等によって一对の質量部の振動状態に差が生じることがあり、各質量部から基板側に伝わる振動を安定的に打消すことができないという問題がある。

【 0 0 1 1 】

一方、角速度センサの作動時には、衝撃等の外力によりセンサに Y 軸方向の加速度が加わると、質量部は、角速度によるコリオリ力だけでなく、加速度による慣性力によっても Y 軸方向に変位することがあり、このときの角速度成分と加速

度成分とを含んだ変位量は角速度として検出されることになる。

【 0 0 1 2 】

この結果、従来技術では、例えば角速度センサに僅かな衝撃等が加わるだけでも、角速度の検出信号に対して衝撃等による加速度成分が誤差として含まれるようになり、角速度の検出精度が低下するため、信頼性を向上させるのが難しいという問題がある。

【 0 0 1 3 】

特に、センサに加わる加速度が質量部の振動周波数に近い周波数成分をもっている場合には、例えば振動周波数に応じた一定の周期で検出信号を同期整流して積分することにより角速度成分を抽出する同期検波等の信号処理を行ったとしても、加速度成分による誤差を確実に除去することはできない。

【 0 0 1 4 】

本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の第 1 の目的は、質量部から支持梁を介して基板側に振動が伝わるのを防止でき、その振動状態を基板上で安定的に保持できると共に、検出感度、検出精度を高めて信頼性を向上できるようにした外力計測装置を提供することにある。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の第 2 の目的は、例えば角速度と加速度の両方が質量部に加わる場合でも、少なくとも角速度を加速度から分離して精度よく検出でき、その検出動作を安定化できるようにした外力計測装置を提供することにある。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するために請求項 1 の発明は、基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸からなる 3 軸方向のうち Y 軸方向に並んで配置され振動発生手段によって X 軸方向に互いに逆位相で振動する複数の質量部と、該各質量部を X 軸方向に変位可能に連結する支持梁と、該支持梁と前記基板との間に設けられ該支持梁を前記基板に接続する固定部と、前記各質量部に角速度または加速度が作用したときに該各質量部が Y 軸と Z 軸のうちいずれか一方の軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手

段とからなる構成を採用している。

【 0 0 1 7 】

このように構成することにより、複数の質量部を支持梁によって振動方向（X軸方向）と直交するY軸方向に沿って連結でき、例えば各質量部のうち一部の質量部を振動発生手段によって振動させることにより、互いに隣合う質量部をほぼ逆位相で振動させることができる。これにより、各質量部を連結する支持梁の途中部位には、支持梁が各質量部と一緒に振動するときにはほぼ一定の位置を保持する振動の節を配置することができる。

【 0 0 1 8 】

また、例えば逆位相で振動する2個の質量部は、角速度が加わるときにコリオリ力によって互いに逆方向に変位し、加速度が加わるときには慣性力によって互いに等しい方向に変位するから、これらの質量部の変位量を比較することにより、角速度と加速度を区別して検出することができる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項2の発明によると、固定部は支持梁のうち前記各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を基板に接続する構成としている。

【 0 0 2 0 】

これにより、固定部は、各質量部と支持梁とが振動するときの振動の節に対応する位置で該支持梁を基板側に固定できるから、各質量部の振動が支持梁を介して基板側に伝わるのを抑制することができる。

【 0 0 2 1 】

また、請求項3の発明によると、支持梁は前記各質量部をZ軸方向に変位可能に支持し、前記外力検出手段は前記各質量部がZ軸方向に変位するときの変位量を検出する構成としている。

【 0 0 2 2 】

これにより、各質量部をX軸方向に振動させつつ、例えば角速度、加速度等の外力に応じてZ軸方向に変位させることができ、このときの変位量を外力検出手段により角速度または加速度として検出することができる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項4の発明によると、各質量部は、Y軸方向に対して中央に位置する第1の質量部と、Y軸方向に対して該第1の質量部の両側に位置する第2の質量部とによって構成し、前記第1の質量部はY軸方向に変位する質量部支持梁を介して前記支持梁に支持され、前記外力検出手段は前記第1の質量部がY軸方向に変位するときの変位量を検出する構成としている。

【0024】

これにより、第1の質量部を挟んで第2の質量部を対称に配置でき、これらの質量部をX軸方向に対して互いに逆位相で安定的に振動させることができる。そして、この状態で第1の質量部が角速度に応じてY軸方向に変位するときには、その変位量を外力検出手段により角速度として検出できる。また、センサに角速度が加わっていないときには、例えば支持梁がX軸方向に撓み変形することによって第1、第2の質量部がX軸方向だけに振動し、このとき質量部支持梁はY軸方向に変位しない状態を保持することができる。従って、第1の質量部が支持梁の撓み変形等によってY軸方向にも誤って変位するのを防止することができる。

【0025】

一方、請求項5の発明では、基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交するX軸、Y軸、Z軸からなる3軸方向のうち振動発生手段によってX軸方向に振動する第1の質量部と、該第1の質量部を挟んでY軸方向の両側に設けられ振動発生手段によってX軸方向に振動する第2の質量部と、前記第1の質量部と第2の質量部との間に位置して第1の質量部を取囲む第3の質量部と、前記第2の質量部を互いにX軸方向に変位可能に連結する支持梁と、該支持梁に対して前記第3の質量部を連結する連結部と、前記第3の質量部に対して第1の質量部をY軸方向に変位可能に連結する質量部支持梁と、前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁を基板に接続する固定部と、前記第1の質量部に角速度が作用するとき該第1の質量部がY軸方向に変位する変位量を角速度として検出する外力検出手段とを備え、前記第1、第3の質量部と第2、第4の質量部とは互いに逆位相で振動する構成としている。

【0026】

これにより、第1、第2、第3の質量部全体を振動発生手段によってX軸方向

に振動させつつ、第 1 の質量部を角速度に応じて Y 軸方向に変位させることができる。また、センサに角速度が加わっていないときには、例えば支持梁が X 軸方向に撓み変形することによって第 1, 第 2, 第 3 の質量部が X 軸方向だけに振動し、このとき第 1 の質量部は、第 3 の質量部に取囲まれた位置で Y 軸方向に変位しない状態を保持できる。従って、第 3 の質量部は、支持梁の撓み変形等が Y 軸方向への変位となって第 1 の質量部に伝わるのを遮断することができる。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 6 の発明によると、固定部は支持梁のうち前記第 1, 第 3 の質量部と第 2 の質量部とが互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を前記基板に接続する構成としている。

【 0 0 2 8 】

これにより、固定部は、第 1, 第 2, 第 3 の質量部と支持梁とが振動するときの振動の節に対応する位置で該支持梁を基板側に固定できるから、該各質量部の振動が支持梁を介して基板側に伝わるのを抑制することができる。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 7 の発明によると、各質量部は、Y 軸方向に対して中央に位置する第 1 の質量部と、Y 軸方向に対して該第 1 の質量部の両側に位置する第 2 の質量部とによって構成し、前記第 1, 第 2 の質量部は Y 軸方向に変位する第 1, 第 2 の質量部支持梁を介して前記支持梁にそれぞれ連結する構成としている。

【 0 0 3 0 】

これにより、第 1, 第 2 の質量部は支持梁を介して X 軸方向に振動でき、この状態で第 1 の質量部は第 1 の質量部支持梁により外力に応じて Y 軸方向に変位できると共に、第 2 の質量部は第 2 の質量部支持梁によって Y 軸方向に変位できる。そして、外力検出手段は、第 1, 第 2 の質量部の変位量を用いて角速度または加速度を検出することができる。

【 0 0 3 1 】

一方、請求項 8 の発明では、基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸, Y 軸, Z 軸からなる 3 軸方向のうち振動発生手段によって X 軸方向に振動する第 1 の質量部と、該第 1 の質量部を挟んで Y 軸方向の両側に設けられ振

動発生手段によってX軸方向に振動する第2の質量部と、前記第1の質量部と第2の質量部との間に位置して第1の質量部を取囲む第3の質量部と、前記第2の質量部を取囲む第4の質量部と、該第4の質量部を互いにX軸方向に変位可能に連結する支持梁と、該支持梁に対して前記第3の質量部を連結する連結部と、前記第3の質量部に対して第1の質量部をY軸方向に変位可能に連結する第1の質量部支持梁と、前記第4の質量部に対して第2の質量部をY軸方向に変位可能に連結する第2の質量部支持梁と、前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁を基板に接続する固定部と、前記第1、第2の質量部に角速度または加速度が作用するときに該第1、第2の質量部がY軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とを備え、前記第1、第3の質量部と第2、第4の質量部とは互いに逆位相で振動する構成としている。

【 0 0 3 2 】

これにより、第1、第2、第3、第4の質量部は支持梁を介してX軸方向に振動でき、この状態で第1、第2の質量部は、それぞれ第1、第2の質量部支持梁により外力に応じてY軸方向に変位することができる。また、第3の質量部は支持梁の撓み変形等が第1の質量部に伝わるのを遮断でき、第4の質量部は支持梁の撓み変形等が第2の質量部に伝わるのを遮断することができる。

【 0 0 3 3 】

また、請求項9の発明によると、固定部は支持梁のうち前記第1、第3の質量部と第2、第4の質量部とが互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を前記基板に接続する構成としている。

【 0 0 3 4 】

これにより、固定部は、第1、第2、第3、第4の質量部と支持梁とが振動するときの振動の節に対応する位置で該支持梁を基板側に固定できるから、該各質量部の振動が支持梁を介して基板側に伝わるのを抑制することができる。

【 0 0 3 5 】

さらに、請求項10の発明によると、外力検出手段は、少なくとも前記各質量部に加わる角速度を加速度から分離して検出するため前記各質量部が互いに逆位相で振動しつつY軸方向に変位するときの変位量を合成して検出する構成として

いる。

【 0 0 3 6 】

これにより、例えば逆位相で振動する 2 個の質量部は、角速度が加わる時にコリオリ力によって互いに逆方向に変位し、加速度が加わる時には慣性力によって互いに等しい方向に変位するから、例えば各質量部の変位量を減算することにより、これらの変位量のうち互いに同じ方向に変位した分（加速度成分）を相殺して除去することができ、少なくとも角速度を加速度から分離して検出することができる。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 1 1 の発明によると、外力検出手段は、前記第 1 の質量部と第 2 の質量部の間に位置して前記基板に設けられた固定側検出電極と、前記第 1 の質量部に設けられ該固定側検出電極と Y 軸方向の隙間を介して対向する第 1 の可動側検出電極と、前記第 2 の質量部に設けられ前記固定側検出電極と Y 軸方向の隙間を介して対向する第 2 の可動側検出電極とによって構成し、前記外力検出手段は固定側検出電極に対する第 1，第 2 の可動側検出電極の変位量を静電容量の変化として並列に検出する構成としている。

【 0 0 3 8 】

これにより、第 1，第 2 の質量部が互いに逆位相で振動している状態で該各質量部に角速度が加わる時には、これらの質量部がコリオリ力により互いに逆方向に変位する。この結果、例えば第 1，第 2 の可動側検出電極の両方を固定側検出電極に接近させることができ、固定側検出電極と可動側検出電極との間の静電容量を角速度の大きさに応じて増大させることができる。また、第 1，第 2 の質量部に加速度が加わる時には、これらの質量部が互いに同方向に変位するから、第 1，第 2 の可動側検出電極のうち一方の電極を固定側検出電極に接近させ、他方の電極を固定側検出電極から離間させることができ、加速度による各検出電極間の静電容量の変化を打消すことができる。

【 0 0 3 9 】

また、請求項 1 2 の発明によると、外力検出手段は、互いに逆位相で振動する前記第 1，第 2 の質量部のうち第 1 の質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量

を検出する第 1 の変位量検出部と、前記第 2 の質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量を検出する第 2 の変位量検出部と、前記第 1、第 2 の変位量検出部によりそれぞれ検出した変位量を用いて角速度と加速度とを個別に演算する外力演算部とによって構成している。

【 0 0 4 0 】

これにより、第 1、第 2 の変位量検出部は、互いに逆位相で振動する第 1、第 2 の質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量をそれぞれ検出することができる。そして、質量部に角速度と加速度の両方が加わる場合において、これら 2 つの検出値には、角速度に応じて互いに逆方向に変位した角速度成分と、加速度に応じて互いに等しい方向に変位した加速度成分とが含まれるから、外力演算部は、例えばこれら 2 つの検出値を加算および減算することにより角速度と加速度とを個別に演算することができる。

【 0 0 4 1 】

さらに、請求項 1 3 の発明によると、外力検出手段は、前記基板側に固定して設けられ複数の電極部が櫛歯状に並んで形成された固定側検出電極と、前記質量部側に設けられ該固定側検出電極の各電極部と Y 軸方向の隙間を挟んで噛合する複数の電極部が形成された可動側検出電極とによって構成し、前記外力検出手段は前記固定側検出電極と可動側検出電極との間の静電容量の変化を前記質量部の変位量として検出する構成としている。

【 0 0 4 2 】

これにより、固定側検出電極と可動側検出電極の各電極部を互いに噛合させ、これらの検出電極に大きな対向面積を与えることができる。そして、質量部が外力により Y 軸方向に変位するときには、その変位量を各検出電極間の距離（静電容量）の変化として検出することができる。

【 0 0 4 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態による外力計測装置を、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

【 0 0 4 4 】

ここで、図 1 ないし図 4 は本発明による第 1 の実施の形態を示し、本実施の形態では、外力計測装置として角速度センサを例に挙げて述べる。

【 0 0 4 5 】

図中、1 は本実施の形態に適用される角速度センサ、2 は該角速度センサ 1 の本体部分を構成する基板で、該基板 2 は、例えば高抵抗なシリコン材料、ガラス材料等によって四角形状に形成されている。

【 0 0 4 6 】

また、基板 2 上には、図 1 ないし図 3 に示す如く、例えば単結晶または多結晶をなす低抵抗なシリコン材料を基板 2 上に設けてエッチング処理等の微細加工を施すことにより、後述の中央質量部 3、外側質量部 4、支持梁 5、固定部 6、駆動電極 8、9、検出電極 11、12 等が形成されている。

【 0 0 4 7 】

3 は基板 2 の中央近傍に配置された第 1 の質量部としての中央質量部で、該中央質量部 3 は、例えば四角形の平板状に形成されている。そして、中央質量部 3 は、各支持梁 5 を介して外側質量部 4 と連結され、これらの質量部 3、4 は、支持梁 5 によって X 軸方向（振動方向）および Z 軸方向（検出方向）に変位可能に支持されると共に、基板 2 と平行な平面内で Y 軸方向に沿ってほぼ直線状に並んで配置されている。

【 0 0 4 8 】

4、4 は Y 軸方向に対して中央質量部 3 の両側に配置された第 2 の質量部としての一对の外側質量部で、該各外側質量部 4 は、例えば四角形の平板状に形成されている。そして、各外側質量部 4 は、支持梁 5 の両端側に固着され、中央質量部 3 に対して X 軸方向に変位可能となっている。

【 0 0 4 9 】

5、5、…は中央質量部 3 と外側質量部 4 とを X 軸方向に変位可能に連結する例えば 4 本の支持梁で、該各支持梁 5 は、互いにほぼ等しい長さ寸法をもって直線状に形成され、X 軸方向と Z 軸方向とに撓み変形可能となっている。また、支持梁 5 は、中央質量部 3 の両側に 2 本ずつ配置され、その 4 隅から外側質量部 4 に向けて Y 軸方向に延びている。

【 0 0 5 0 】

そして、角速度センサ 1 の作動時には、図 4 に示す如く、隣合う中央質量部 3 と外側質量部 4 とが互いにほぼ逆位相で X 軸方向に振動する。この場合、支持梁 5 の長さ方向途中部位には、これらの質量部 3, 4 が逆位相で一定の振動（共振）状態となったときに、質量部 3, 4 の振動が相殺されることによってほぼ一定の位置を保持する節部 5 A が配置されている。

【 0 0 5 1 】

6, 6, … は支持梁 5 の節部 5 A を基板 2 に接続する例えば 4 個の固定部で、該各固定部 6 は、図 1 ないし図 3 に示す如く、X 軸方向に対して各支持梁 5 の左, 右両側に 2 個ずつ配置され、後述の駆動電極用支持部 7 を挟んで Y 軸方向に離間している。そして、固定部 6 は、基板 2 上に固定された台座部 6 A と、該台座部 6 A から支持梁 5 に向けて X 軸方向に突出し、基板 2 から離間して配置された腕部 6 B とによって構成されている。

【 0 0 5 2 】

また、固定部 6 は、腕部 6 B の先端側が支持梁 5 の節部 5 A に連結され、該支持梁 5 と協働して質量部 3, 4 を X 軸方向および Z 軸方向に変位可能に支持している。そして、中央質量部 3 と外側質量部 4 とが逆位相で振動するときには、これらの質量部 3, 4 の振動が支持梁 5 の節部 5 A で互いに打消されるため、固定部 6 は、質量部 3, 4 の振動が基板 2 に伝わるのを抑制する構成となっている。

【 0 0 5 3 】

一方、7, 7 は基板 2 上に設けられた駆動電極用支持部で、該各駆動電極用支持部 7 は、X 軸方向に対して中央質量部 3 の左, 右両側に配置されている。

【 0 0 5 4 】

8, 8 は各駆動電極用支持部 7 に設けられた固定側駆動電極で、該各固定側駆動電極 8 は、支持部 7 から X 軸方向に突出し、Y 軸方向に間隔をもって櫛歯状に配置された複数の電極板 8 A, 8 A, … を有している。

【 0 0 5 5 】

9, 9 は各固定側駆動電極 8 に対応して中央質量部 3 に設けられた可動側駆動電極で、該各可動側駆動電極 9 は、中央質量部 3 から X 軸方向に櫛歯状をなして

突出し、固定側駆動電極 8 の各電極板 8 A に噛合した複数の電極板 9 A, 9 A, …を有している。

【 0 0 5 6 】

1 0, 1 0 は基板 2 と中央質量部 3 との間に設けられた振動発生手段としての振動発生部で、該各振動発生部 1 0 は、固定側駆動電極 8 と可動側駆動電極 9 とによって構成されている。そして、振動発生部 1 0 は、これらの駆動電極 8, 9 間に交流の駆動信号を直流バイアス電圧と共に印加することによって、電極板 8 A, 9 A 間に静電引力を交互に発生し、中央質量部 3 を図 1 中の矢示 a 1, a 2 方向に振動させるものである。

【 0 0 5 7 】

1 1 は基板 2 上に設けられた固定側検出電極で、該固定側検出電極 1 1 は、図 1 ないし図 3 に示す如く、中央質量部 3 に面して配置されている。

【 0 0 5 8 】

1 2 は中央質量部 3 の裏面側に形成された可動側検出電極で、該可動側検出電極 1 2 は、固定側検出電極 1 1 と Z 軸方向の隙間を挟んで対向している。

【 0 0 5 9 】

1 3 は基板 2 と中央質量部 3 との間に設けられた外力検出手段としての角速度検出部で、該角速度検出部 1 3 は、固定側検出電極 1 1 と可動側検出電極 1 2 とからなる平行平板コンデンサを構成し、中央質量部 3 が Y 軸周りの角速度に応じて Z 軸方向に変位するときには、この角速度を検出電極 1 1, 1 2 間の静電容量の変化として検出するものである。

【 0 0 6 0 】

本実施の形態による角速度センサ 1 は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【 0 0 6 1 】

まず、左、右の振動発生部 1 0 に逆位相となる交流の駆動信号を直流バイアス電圧と共に印加すると、左、右の固定側駆動電極 8 と可動側駆動電極 9 との間には、静電引力が交互に発生し、中央質量部 3 は、支持梁 5 が撓むことによって図 1 中の矢示 a 1, a 2 方向に振動する。

【 0 0 6 2 】

そして、この振動状態で角速度センサ 1 に Y 軸周りの角速度 Ω が加わると、中央質量部 3 には、Z 軸方向に対して下記数 1 の式に示すコリオリ力 F が作用するため、中央質量部 3 は、支持梁 5 が撓むことにより、コリオリ力 F によって Z 軸方向に変位する。

【 0 0 6 3 】

【数 1】

$$F = 2 M1 \Omega v$$

但し、 $M1$: 中央質量部 3 の質量

Ω : Y 軸周りの角速度

v : 中央質量部 3 の X 軸方向の速度

【 0 0 6 4 】

また、中央質量部 3 が Z 軸方向に変位するときには、その変位量に応じて角速度検出部 1 3 の検出電極 1 1, 1 2 の間隔（静電容量）が変化するので、角速度検出部 1 3 は、この静電容量の変化を角速度 Ω として検出し、角速度 Ω に応じた検出信号を出力する。

【 0 0 6 5 】

一方、質量部 3, 4 の振動状態について述べると、例えば中央質量部 3 が図 4 中に実線で示すように矢示 a 1 方向へと変位（振動）するときには、支持梁 5 が X 軸方向に撓み変形し、中央振動部 3 の振動が支持梁 5 を介して外側質量部 4 に伝わることにより、外側質量部 4 は矢示 a 2 方向へと変位する。また、中央質量部 3 が矢示 a 2 方向に変位するときには、図 4 中に仮想線で示すように支持梁 5 が逆向きに撓むことにより、外側質量部 4 は矢示 a 1 方向に変位する。

【 0 0 6 6 】

この結果、中央質量部 3 と外側質量部 4 とは、互いに振動の位相が約 180° ずれた逆位相で一定の共振状態となって振動し、この共振状態で支持梁 5 が撓み変形するときには、振動の節に対応する節部 5 A がほぼ一定の位置を保持するようになる。このため、質量部 3, 4 の振動が支持梁 5 と固定部 6 とを介して基板 2 に伝わることはほとんどない。

【 0 0 6 7 】

かくして、本実施の形態によれば、中央質量部 3 と外側質量部 4 とを支持梁 5 によって X 軸方向に変位可能に連結し、支持梁 5 の節部 5 A を固定部 6 によって基板 2 に接続する構成としたので、質量部 3, 4 が基板 2 上で振動するときには、隣合う中央質量部 3 と外側質量部 4 とを互いにほぼ逆位相で振動させることができる。そして、支持梁 5 の途中部位には、支持梁 5 が質量部 3, 4 と一緒に振動するときにはほぼ一定の位置を保持する節部 5 A を配置でき、この節部 5 A の位置では、質量部 3, 4 の振動を互いに打消すことができる。

【 0 0 6 8 】

この場合、中央質量部 3 と外側質量部 4 とを Y 軸方向に沿ってほぼ直線状に配置したので、例えば中央質量部 3 を X 軸方向に振動させることによって、この振動を支持梁 5 によって外側質量部 4 に効率よく伝達でき、簡単な構造によって質量部 3, 4 を逆位相で振動させることができる。また、中央質量部 3 を挟んで一対の外側質量部 4 を対称に配置することにより、質量部 3, 4 全体として安定した振動状態を実現することができる。

【 0 0 6 9 】

そして、固定部 6 は、支持梁 5 の節部 5 A を介して中央質量部 3 と外側質量部 4 とを支持しているので、これらの振動が基板 2 に伝わるのを確実に抑制でき、振動発生部 1 0 から質量部 3, 4 に加えられる振動エネルギーを基板 2 側に逃がすことなく、質量部 3, 4 を予め定められた振幅、振動速度等で効率よく振動させることができる。この結果、角速度 Ω に応じて質量部 3, 4 を所定の変位量分だけ確実に変位させることができ、センサの検出感度を安定させることができる。

【 0 0 7 0 】

また、角速度が加わっていないときには、質量部 3, 4 の振動が基板 2 に伝わることによって基板 2 が振動し、この振動で質量部 3, 4 が Z 軸方向に振動するのを防止でき、センサの検出精度を高めて信頼性を向上させることができる。

【 0 0 7 1 】

次に、図 5 および図 6 は本発明による第 2 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、Z 軸周りの角速度を検出する角速度センサを構成したことにある。な

お、本実施の形態では、前記第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【 0 0 7 2 】

2 1 は本実施の形態による角速度センサ、2 2 は該角速度センサ 2 1 の基板で、該基板 2 2 上には、例えば低抵抗なシリコン材料等を用いて後述の中央質量部 2 3、外側質量部 2 4、支持梁 2 5、質量部支持梁 2 6、固定部 2 7、駆動電極 2 9、3 0、検出電極 3 3、3 4 等が形成されている。

【 0 0 7 3 】

2 3 は基板 2 2 の中央近傍に配置された第 1 の質量部としての中央質量部で、該中央質量部 2 3 は、支持梁 2 5 と質量部支持梁 2 6 とを介して外側質量部 2 4 に連結され、これらの質量部 2 3、2 4 は、支持梁 2 5 によって X 軸方向（振動方向）に変位可能に支持されている。また、中央質量部 2 3 は、質量部支持梁 2 6 によって Y 軸方向（検出方向）に変位可能に支持されている。

【 0 0 7 4 】

2 4、2 4 は Y 軸方向に対して中央質量部 2 3 の両側に配置された第 2 の質量部としての一对の外側質量部で、該各外側質量部 2 4 は、支持梁 2 5 の両端側に固着され、中央質量部 2 3 に対して X 軸方向に変位可能となっている。また、これらの質量部 2 3、2 4 は、図 5、図 6 に示す如く基板 2 2 と平行な平面内で Y 軸方向に沿ってほぼ直線状に配置されている。

【 0 0 7 5 】

2 5、2 5 は各外側質量部 2 4 を X 軸方向に変位可能に連結する例えば 2 本の支持梁で、該各支持梁 2 5 は、互いにほぼ等しい長さ寸法をもって直線状に形成され、X 軸方向に撓み変形可能となっている。また、支持梁 2 5 は、中央質量部 2 3 の左、右両側に配置され、Y 軸方向に延びている。

【 0 0 7 6 】

そして、角速度センサ 2 1 の作動時には、前記第 1 の実施の形態とほぼ同様に、中央質量部 2 3 と外側質量部 2 4 とが支持梁 2 5 等を介して互いにほぼ逆位相で X 軸方向に振動し、このとき支持梁 2 5 の長さ方向途中部位には、ほぼ一定の位置を保持する節部 2 5 A、2 5 A が配置される構成となっている。

【 0 0 7 7 】

2 6, 2 6 は Y 軸方向に撓み変形可能に形成された例えば 2 本の質量部支持梁で、該各質量部支持梁 2 6 は、X 軸方向に延びた直線状をなし、中央質量部 2 3 の左、右両側と各支持梁 2 5 の長さ方向中間部との間を連結している。また、質量部支持梁 2 6 は、中央質量部 2 3 を各支持梁 2 5 間で Y 軸方向に変位可能に支持し、中央質量部 2 3 が支持梁 2 5 の中間部位に対して X 軸方向に変位するのを規制している。

【 0 0 7 8 】

2 7, 2 7, … は支持梁 2 5 の節部 2 5 A を基板 2 2 に接続する例えば 4 個の固定部で、該各固定部 2 7 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、X 軸方向に対して各支持梁 2 5 の左、右両側に 2 個ずつ配置され、Y 軸方向に離間している。

【 0 0 7 9 】

また、固定部 2 7 は、基板 2 2 上に固定された台座部 2 7 A と、該台座部 2 7 A から支持梁 2 5 に向けて X 軸方向に突出し、基板 2 2 から離間して配置された腕部 2 7 B とによって構成され、腕部 2 7 B は、その先端側が支持梁 2 5 の節部 2 5 A に連結されている。これにより、固定部 2 7 は、質量部 2 3, 2 4 の振動が基板 2 2 に伝わるのを抑制するものである。

【 0 0 8 0 】

一方、2 8, 2 8 は基板 2 2 上に設けられた駆動電極用支持部で、該各駆動電極用支持部 2 8 は、Y 軸方向に対して外側質量部 2 4 の両側に配置されている。

【 0 0 8 1 】

2 9, 2 9 は各駆動電極用支持部 2 8 に設けられた固定側駆動電極で、該各固定側駆動電極 2 9 は、支持部 2 8 から外側質量部 2 4 に向けて突出し、先端側が X 軸方向に L 字状をなして屈曲した複数の電極板 2 9 A, 2 9 A, … を有し、該各電極板 2 9 A は、X 軸方向に間隔をもって櫛歯状に配置されている。

【 0 0 8 2 】

3 0, 3 0 は各固定側駆動電極 2 9 に対応して各外側質量部 2 4 に設けられた可動側駆動電極で、該各可動側駆動電極 3 0 は、外側質量部 2 4 から櫛歯状に突出し、固定側駆動電極 2 9 の各電極板 2 9 A に啮合した複数の電極板 3 0 A, 3

0 A, ...を有している。

【0083】

3 1, 3 1は基板2 2と外側質量部2 4との間に設けられた振動発生手段としての振動発生部で、該各振動発生部3 1は、第1の実施の形態とほぼ同様に、固定側駆動電極2 9と可動側駆動電極3 0とによって構成され、質量部2 3, 2 4を図5中の矢示a 1, a 2方向に振動させるものである。

【0084】

3 2, 3 2は基板2 2上に設けられた検出電極用支持部で、該各検出電極用支持部3 2は、Y軸方向に対して中央質量部2 3の両側に配置されている。

【0085】

3 3, 3 3は各検出電極用支持部3 2に設けられた固定側検出電極で、該各固定側検出電極3 3は、例えば略F字状に形成され、X軸方向に突出して櫛歯状に配置された複数の電極板3 3 A, 3 3 A, ...を有している。

【0086】

3 4, 3 4は各固定側検出電極3 3に対応して中央質量部2 3に設けられた可動側検出電極で、該各可動側検出電極3 4は、櫛歯状に配置された複数の電極板3 4 A, 3 4 A, ...を有し、該各電極板3 4 Aは、固定側検出電極3 3の各電極板3 3 AとY軸方向の隙間を介して嚙合している。

【0087】

3 5は基板2 2と中央質量部2 3との間に設けられた外力検出手段としての角速度検出部で、該角速度検出部3 5は、固定側検出電極3 3と可動側検出電極3 4とからなる平行平板コンデンサを構成し、中央質量部2 3がZ軸周りの角速度に応じたコリオリ力によってY軸方向に変位するときには、この角速度を検出電極3 3, 3 4間の静電容量の変化として検出するものである。

【0088】

本実施の形態による角速度センサ2 1は上述の如き構成を有するもので、センサの作動時には、まず各振動発生部3 1に交流の駆動信号を直流バイアス電圧と共に印加すると、各外側質量部2 4は、図5中の矢示a 1, a 2方向に振動する。このとき、各支持梁2 5がX軸方向に撓み変形し、外側質量部2 4の振動が支持

梁 2 5 と質量部支持梁 2 6 を介して中央質量部 2 3 に伝わることにより、中央質量部 2 3 は、外側質量部 2 4 と逆位相で矢示 a_2 , a_1 方向に振動する。

【 0 0 8 9 】

そして、角速度センサ 2 1 に Z 軸周りの角速度 Ω が加わると、中央質量部 2 3 は、質量部支持梁 2 6 が撓むことにより、コリオリ力 F に応じて Y 軸方向に変位する。この結果、角速度検出部 3 5 の静電容量が変化するので、この静電容量の変化が角速度 Ω として検出される。

【 0 0 9 0 】

また、固定部 2 7 は、支持梁 2 5 の節部 2 5 A を支持しているため、質量部 2 3, 2 4 の振動が基板 2 2 に伝わるのを抑制することができる。

【 0 0 9 1 】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、第 1 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、中央質量部 2 3 を質量部支持梁 2 6 によって支持梁 2 5 に連結する構成としたので、角速度 Ω が加わっていないときには、支持梁 2 5 が撓み変形することによって質量部 2 3, 2 4 が X 軸方向だけに振動し、質量部支持梁 2 6 は Y 軸方向に撓み変形しない状態を保持することができる。従って、支持梁 2 5 の撓み変形によって中央質量部 2 3 が X 軸方向に振動しつつ Y 軸方向にも変位するのを防止でき、検出精度を向上させることができる。

【 0 0 9 2 】

また、可動側駆動電極 3 0 を外側質量部 2 4 に設けたので、可動側検出電極 3 4 が設けられた中央質量部 2 3 の構造を簡略化することができる。

【 0 0 9 3 】

次に、図 7 および図 8 は本発明による第 3 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、第 1, 第 2 の質量部間に第 3 の質量部を設ける構成としたことにある。なお、本実施の形態では、第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【 0 0 9 4 】

4 1 は本実施の形態による角速度センサ、4 2 は該角速度センサ 4 1 の基板で

、該基板 4 2 上には、例えば低抵抗なシリコン材料等を用いて後述の中央質量部 4 3、外側質量部 4 4、棒状質量部 4 5、支持梁 4 6、連結部 4 7、質量部支持梁 4 8、固定部 4 9、駆動電極 5 1、5 2、検出電極 5 5、5 6 等が形成されている。

【0095】

4 3 は基板 4 2 の中央近傍に配置された第 1 の質量部としての中央質量部で、該中央質量部 4 3 は、図 7、図 8 に示す如く、略「日」の字をなす棒状体として形成され、互いに対向して X 軸方向に延びた横棒部 4 3 A、4 3 A と、該各横棒部 4 3 A の両端側を連結して Y 軸方向に延びた縦棒部 4 3 B、4 3 B と、各横棒部 4 3 A 間に位置して X 軸方向に延設され、各縦棒部 4 3 B のほぼ中間部位を連結した中間棒部 4 3 C とによって構成されている。

【0096】

そして、中央質量部 4 3 は、支持梁 4 6、連結部 4 7 および質量部支持梁 4 8 を介して外側質量部 4 4 と棒状質量部 4 5 とに連結され、これらの質量部 4 3、4 4、4 5 は、支持梁 4 6 によって X 軸方向（振動方向）に変位可能に支持されると共に、基板 4 2 と平行な平面内で Y 軸方向に沿ってほぼ直線状に並んで配置されている。また、中央質量部 4 3 は、質量部支持梁 4 8 によって Y 軸方向（検出方向）に変位可能に支持されている。

【0097】

4 4、4 4 は Y 軸方向に対して中央質量部 4 3 の両側に配置された第 2 の質量部としての一对の外側質量部で、該各外側質量部 4 4 は、支持梁 4 6 の両端側に固着され、中央質量部 4 3（棒状質量部 4 5）に対して X 軸方向に変位可能となっている。

【0098】

4 5 は中央質量部 4 3 と各外側質量部 4 4 との間に配置された第 3 の質量部としての棒状質量部で、該棒状質量部 4 5 は、中央質量部 4 3 を取囲む四角形の棒状体によって形成され、互いに対向して X 軸方向に延びた横棒部 4 5 A、4 5 A と、該各横棒部 4 5 A の両端側を連結して Y 軸方向に延びた縦棒部 4 5 B、4 5 B とによって「口」字状に構成されている。そして、棒状質量部 4 5 は、その内

側部位が質量部支持梁 4 8 を介して中央質量部 4 3 と連結され、外側部位が連結部 4 7 を介して支持梁 4 6 と連結されている。

【 0 0 9 9 】

4 6, 4 6 は各外側質量部 4 4 を X 軸方向に変位可能に連結する例えば 2 本の支持梁で、該各支持梁 4 6 は、互いにほぼ等しい長さ寸法をもって直線状に形成され、X 軸方向に撓み変形可能となっている。また、支持梁 4 6 は、棒状質量部 4 5 の左、右両側に配置され、Y 軸方向に延びている。

【 0 1 0 0 】

そして、角速度センサ 4 1 の作動時には、中央質量部 4 3 (棒状質量部 4 5) と外側質量部 4 4 とが支持梁 4 6 等を介して互いにほぼ逆位相で X 軸方向に振動し、このとき支持梁 4 6 の長さ方向途中部位には、ほぼ一定の位置を保持する節部 4 6 A, 4 6 A が配置される構成となっている。

【 0 1 0 1 】

4 7, 4 7 は棒状質量部 4 5 と支持梁 4 6 とを連結する左、右の連結部で、該各連結部 4 7 は高い剛性をもって形成され、棒状質量部 4 5 が支持梁 4 6 に対して Y 軸方向に変位するのを規制している。

【 0 1 0 2 】

4 8, 4 8, … は中央質量部 4 3 と棒状質量部 4 5 とを連結する例えば 4 本の質量部支持梁で、該各質量部支持梁 4 8 は、一端側が中央質量部 4 3 の 4 隅に連結され、他端側が X 軸方向に延びて棒状質量部 4 5 の各横棒部 4 5 A に連結されると共に、Y 軸方向に撓み変形可能となっている。そして、質量部支持梁 4 8 は、中央質量部 4 3 を Y 軸方向に変位可能に支持し、中央質量部 4 3 が棒状質量部 4 5 内で X 軸方向に変位するのを規制している。

【 0 1 0 3 】

4 9 は支持梁 4 6 の節部 4 6 A を基板 4 2 に接続する固定部で、該固定部 4 9 は、質量部 4 3, 4 4, 4 5 を取囲む四角形の棒状体によって形成され基板 4 2 上に固定された台座部 4 9 A と、該台座部 4 9 A の内側部位に一体に設けられ、基板 4 2 から離間して配置された例えば 4 個の腕部 4 9 B, 4 9 B, … によって構成されている。

【 0 1 0 4 】

そして、各腕部 4 9 B は、X 軸方向に対して各支持梁 4 6 の左、右両側に 2 個ずつ配置され、Y 軸方向に離間している。また、腕部 4 9 B は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、先端側が支持梁 4 6 の節部 4 6 A に連結され、これにより固定部 4 9 は、質量部 4 3、4 4、4 5 の振動が基板 4 2 に伝わるのを抑制するものである。

【 0 1 0 5 】

一方、5 0、5 0、…は基板 4 2 上に固定的に設けられた例えば 4 個の駆動電極用支持部で、該各駆動電極用支持部 5 0 は、Y 軸方向に対し外側質量部 4 4 を挟んで両側に 2 個ずつ配置されている。

【 0 1 0 6 】

5 1、5 1、…は各駆動電極用支持部 5 0 にそれぞれ設けられた固定側駆動電極で、該各固定側駆動電極 5 1 は、X 軸方向に突出し Y 軸方向に間隔をもって櫛歯状に配置された複数の電極板 5 1 A、5 1 A、…を有している。

【 0 1 0 7 】

5 2、5 2、…は各固定側駆動電極 5 1 に対応して外側質量部 4 4 にそれぞれ設けられた可動側駆動電極で、該各可動側駆動電極 5 2 は、X 軸方向に櫛歯状をなして突出し、固定側駆動電極 5 1 の各電極板 5 1 A と噛合した複数の電極板 5 2 A、5 2 A、…を有している。

【 0 1 0 8 】

5 3、5 3、…は基板 4 2 と外側質量部 4 4 との間に設けられた振動発生手段としての振動発生部で、該各振動発生部 5 3 は、固定側駆動電極 5 1 と可動側駆動電極 5 2 とによって構成され、その電極板 5 1 A、5 2 A 間に静電引力を発生することにより、外側質量部 4 4 を図 7 中の矢示 a 1、a 2 方向に振動させるものである。

【 0 1 0 9 】

5 4、5 4 は中央質量部 4 3 の内側に位置して基板 4 2 上に設けられた 2 個の検出電極用支持部で、該各検出電極用支持部 5 4 は、Y 軸方向に対して中央質量部 4 3 の中間枠部 4 3 C を挟んで両側に配置されている。

【 0 1 1 0 】

5 5, 5 5, …は各検出電極用支持部 5 4 にそれぞれ複数個設けられた固定側検出電極で、該各固定側検出電極 5 5 は、X 軸方向に突出し Y 軸方向の間隔をもって櫛歯状に配置された複数の電極板 5 5 A, 5 5 A, …を有している。

【 0 1 1 1 】

5 6, 5 6, …は各固定側検出電極 5 5 に対応して中央質量部 4 3 に複数個設けられた可動側検出電極で、該各可動側検出電極 5 6 は、X 軸方向に櫛歯状をなして突出し、固定側検出電極 5 5 の各電極板 5 5 A に対し Y 軸方向の隙間を挟んで噛合した複数の電極板 5 6 A, 5 6 A, …を有している。

【 0 1 1 2 】

5 7, 5 7 は基板 4 2 と中央質量部 4 3 との間に設けられた外力検出手段としての角速度検出部で、該各角速度検出部 5 7 は、固定側検出電極 5 5 と可動側検出電極 5 6 とによって構成されている。そして、角速度検出部 5 7 は、中央質量部 4 3 が Z 軸周りの角速度 Ω によって Y 軸方向に変位するときに、電極板 5 5 A, 5 6 A 間の静電容量が変化する平行平板コンデンサを形成している。

【 0 1 1 3 】

本実施の形態による角速度センサ 4 1 は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【 0 1 1 4 】

まず、各振動発生部 5 3 に交流の駆動信号を直流バイアス電圧と共に印加すると、外側質量部 4 4 は、図 8 中の矢示 a 1, a 2 方向に振動する。このとき、各支持梁 4 6 が X 軸方向に撓み変形し、外側質量部 4 4 の振動が連結部 4 7 を介して棒状質量部 4 5 に伝わることにより、棒状質量部 4 5 は、中央質量部 4 3 と一体となって外側質量部 4 4 に対し逆位相で矢示 a 2, a 1 方向に振動する。

【 0 1 1 5 】

そして、角速度センサに Z 軸周りの角速度 Ω が加わると、中央質量部 4 3 は、質量部支持梁 4 8 が撓み変形することにより、棒状質量部 4 5 内でコリオリ力 F に応じて Y 軸方向に変位する。この結果、角速度検出部 5 7 の静電容量が変化するるので、この静電容量の変化が角速度 Ω として検出される。

【0 1 1 6】

また、固定部 4 9 の各腕部 4 9 B は、支持梁 4 6 の節部 4 6 A を支持しているため、質量部 4 3、4 4、4 5 の振動が基板 4 2 に伝わるのを抑制することができる。

【0 1 1 7】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第 1 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、中央質量部 4 3 と外側質量部 4 4 との間に杵状質量部 4 5 を設ける構成としたので、角速度 Ω が加わっていないときには、支持梁 4 6 が撓み変形しても、中央質量部 4 3 は、杵状質量部 4 5 内で X 軸方向だけに振動することができる。

【0 1 1 8】

従って、杵状質量部 4 5 は、支持梁 4 6 の撓み変形が Y 軸方向への変位となって中央質量部 4 3 に伝わるのを遮断でき、検出精度をより向上させることができる。

【0 1 1 9】

次に、図 9 は本発明による第 4 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、固定部に二又状の腕部を設ける構成としたことにある。なお、本実施の形態では、前記第 3 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0 1 2 0】

6 1 は支持梁 4 6 の各節部 4 6 A を基板 4 2 に接続する固定部で、該固定部 6 1 は、第 3 の実施の形態とほぼ同様に、基板 4 2 上に固定された杵状の台座部 6 1 A と、該台座部 6 1 A の内側部位に設けられた腕部 6 1 B とによって構成されている。

【0 1 2 1】

しかし、腕部 6 1 B は、基端側が台座部 6 1 A に 1 箇所固定され先端側が略「T」字状に分岐した分岐部 6 1 B1 と、該分岐部 6 1 B1 の先端側から X 軸方向に突出し、支持梁 4 6 の各節部 4 6 A をそれぞれ支持する支持突部 6 1 B2、6 1 B2 とによって構成され、これらの分岐部 6 1 B1 と支持突部 6 1 B2 とは基板

4 2 から離間している。

【0 1 2 2】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、第 3 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、固定部 6 1 の腕部 6 1 B が二又状に分岐する構成としたので、その分岐部 6 1 B 1 の基端側を台座部 6 1 A（基板 4 2）に対して 1 箇所固定することができる。

【0 1 2 3】

従って、例えば基板 4 2 の熱膨張、熱収縮等によって支持梁 4 6 の各節部 4 6 A 間で基板 4 2 の寸法 D が変化する場合でも、各節部 4 6 A 間の間隔を拡大または縮小させる方向の応力が基板 4 2 側から腕部 6 1 B や支持梁 4 6 等に加わるのを防止でき、信頼性を高めることができる。

【0 1 2 4】

次に、図 1 0 ないし図 1 3 は本発明による第 5 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、角速度センサに角速度と加速度の両方が加わるときに、角速度を加速度から分離して検出する構成としたことにある。なお、本実施の形態では、前記第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0 1 2 5】

7 1 は本実施の形態による角速度センサ、7 2 は該角速度センサ 7 1 の基板で、該基板 7 2 上には、例えば低抵抗なシリコン材料等を用いて後述の中央質量部 7 3、外側質量部 7 4、7 5、支持梁 7 6、質量部支持梁 7 7、7 8、固定部 7 9、駆動電極 8 1、8 2、固定側検出電極 8 5、8 6、可動側検出電極 8 7、8 8、8 9、9 0 等が形成されている。

【0 1 2 6】

また、角速度センサ 7 1 は、これらの固定側検出電極 8 5、8 6 と可動側検出電極 8 7、8 8、8 9、9 0 とにより形成される後述のコンデンサ C 1、C 2、C 3、C 4（図 1 3 参照）が互いにほぼ等しい電極形状をもつように構成されているものである。

【0 1 2 7】

73は基板72の中央近傍に配置された第1の質量部としての中央質量部で、該中央質量部73は例えば四角形の平板状に形成されている。また、中央質量部73は支持梁76と質量部支持梁77、78とを介して外側質量部74、75と連結され、これらの質量部73、74、75は、図10、図11に示す如く基板72と平行な平面内でY軸方向に沿ってほぼ直線状に並んでいる。そして、中央質量部73は、後述の如く角速度、加速度等の外力が加わると、その大きさに応じたコリオリ力または慣性力を受けることにより質量部支持梁77を介してY軸方向に変位する構成となっている。

【0128】

74、75はY軸方向に対して中央質量部73の前、後両側に配置された第2の質量部としての一对の外側質量部で、該外側質量部74、75は例えば四角形の平板状に形成され、各支持梁76の両端側に質量部支持梁78を介してそれぞれ連結されている。そして、外側質量部74、75は、中央質量部73とほぼ同様に、角速度、加速度等の外力が加わることにより質量部支持梁78を介してY軸方向に変位するものである。

【0129】

ここで、質量部73、74、75の質量と支持梁77、78のばね定数とは予め適切に設定されており、後述の如く質量部73、74、75が角速度 Ω 、加速度 α によって一緒に変位するときには、これらの変位量が互いにほぼ等しい大きさとなるように構成されている。

【0130】

76、76は中央質量部73を挟んで左、右両側に配置された例えば2本の支持梁で、該各支持梁76はX軸方向に撓み変形可能に形成され、互いにほぼ等しい寸法をもってY軸方向に延びている。そして、各支持梁76は、中央質量部73と外側質量部74、75とをX軸方向に変位可能に支持するものである。

【0131】

そして、角速度センサ71の作動時には、図12に示す如く、第1の実施の形態とほぼ同様に、隣合う中央質量部73と外側質量部74、75とが互いにほぼ逆位相でX軸方向に振動し、中央質量部73が振動によって矢示a1方向に変位

するときには、外側質量部 7 4, 7 5 が矢示 a 2 方向に変位する。この場合、支持梁 7 6 の長さ方向途中部位には、振動時にほぼ一定の位置を保持する 4 箇所の節部 7 6 A が配置されている。

【0 1 3 2】

7 7, 7 7 は Y 軸方向に撓み変形可能に形成された第 1 の質量部支持梁で、該各第 1 の質量部支持梁 7 7 は中央質量部 7 3 の左, 右両側と各支持梁 7 6 の長さ方向中間部位とを連結し、中央質量部 7 3 を Y 軸方向に変位可能に支持している。

【0 1 3 3】

7 8, 7 8, … は Y 軸方向に撓み変形可能に形成された第 2 の質量部支持梁で、該各第 2 の質量部支持梁 7 8 は、外側質量部 7 4, 7 5 の左, 右両側と各支持梁 7 6 の端部側とを連結し、これらの質量部 7 4, 7 5 を Y 軸方向に変位可能に支持しているものである。

【0 1 3 4】

7 9, 7 9, … は各支持梁 7 6 の節部 7 6 A を基板 7 2 に接続する例えば 4 個の固定部で、該各固定部 7 9 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、台座部 7 9 A と腕部 7 9 B とによって構成されている。そして、各固定部 7 9 は各支持梁 7 6 を節部 7 6 A の位置で支持することにより、質量部 7 3, 7 4, 7 5 の振動が基板 7 2 側に伝わるのを抑制するものである。

【0 1 3 5】

一方、8 0, 8 0 は外側質量部 7 4, 7 5 の前, 後両側に位置して基板 7 2 上に設けられた駆動電極用支持部、8 1, 8 1 は該各駆動電極用支持部 8 0 に設けられた固定側駆動電極で、該各固定側駆動電極 8 1 は櫛歯状に並んだ複数の電極板 8 1 A を有している。

【0 1 3 6】

8 2, 8 2 は各固定側駆動電極 8 1 に対応して外側質量部 7 4, 7 5 に設けられた可動側駆動電極で、該各可動側駆動電極 8 2 は固定側駆動電極 8 1 の各電極板 8 1 A と噛合した複数の電極板 8 2 A を有している。

【0 1 3 7】

83, 83は基板72と外側質量部74, 75との間に設けられた振動発生手段としての振動発生部で、該各振動発生部83は固定側駆動電極81と可動側駆動電極82とによって構成され、外側質量部74, 75を図10中の矢示a1, a2方向に振動させるものである。

【0138】

84, 84は基板72上に設けられた例えば2個の検出電極用支持部で、該各検出電極用支持部84は中央質量部73の前、後両側に位置して外側質量部74, 75との間に配置されている。

【0139】

85は各検出電極用支持部84のうち一方の支持部84から前、後方向に突設された固定側検出電極で、該固定側検出電極85は、中央質量部73側に配置された複数の電極板85Aと、外側質量部74側に配置された複数の電極板85Bとを有し、これらの電極板85A, 85Bは櫛歯状に並んでいる。

【0140】

86は他方の検出電極用支持部84から前、後方向に突設された固定側検出電極で、該固定側検出電極86は、中央質量部73側に配置された複数の電極板86Aと、外側質量部75側に配置された複数の電極板86Bとを有している。

【0141】

87は中央質量部73から一方の固定側検出電極85に向けて突設された第1の可動側検出電極で、該可動側検出電極87は、固定側検出電極85の電極板85AとY軸方向の隙間を介して噛合する複数の電極板87Aを有し、後述の図13に示す如く、該固定側検出電極85との間で平行平板コンデンサC1を構成している。

【0142】

この場合、可動側検出電極87は、図10に示す如く、Y軸方向に対して電極板87Aの一侧に位置する電極間隔d1が他側に位置する電極間隔d2よりも予め小さく形成されており($d1 < d2$)、コンデンサC1の静電容量に大きく影響する電極間隔d1は、中央質量部73がY軸方向に対してb1方向に変位したときに広がり、中央質量部73がb2方向に変位したときに狭くなるように構成されて

いる。これにより、コンデンサC1の静電容量は、図13に示す如く中央質量部73がb1方向に変位したときに増大し、中央質量部73がb2方向に変位したときに減少するものである。

【0143】

88は中央質量部73から他方の固定側検出電極86に向けて突設された第1の可動側検出電極で、該可動側検出電極88は、可動側検出電極87とほぼ同様に、固定側検出電極86の各電極板86Aと噛合する複数の電極板88Aを有し、固定側検出電極86との間でコンデンサC2を構成している。

【0144】

そして、コンデンサC2の静電容量は、中央質量部73の変位方向に対してコンデンサC1と逆に増減するように予め設定されており、中央質量部73がb1方向に変位したときに静電容量が減少し、中央質量部73がb2方向に変位したときに静電容量が増大する構成となっている。

【0145】

89は外側質量部74、75のうち一方の質量部74に設けられた第2の可動側検出電極で、該可動側検出電極89は、固定側検出電極85の各電極板85BとY軸方向の隙間を挟んで噛合する複数の電極板89Aを有し、固定側検出電極85との間でコンデンサC3を構成している。

【0146】

この場合、可動側検出電極89は、固定側検出電極85（検出電極用支持部84）を挟んで可動側検出電極87とY軸方向の反対側に配置されている。そして、コンデンサC3の静電容量は、外側質量部74がb1方向に変位したときに減少し、外側質量部74がb2方向に変位したときに増大する構成となっている。

【0147】

90は他方の外側質量部75に設けられた第2の可動側検出電極で、該可動側検出電極90の各電極板90Aは、可動側検出電極89とほぼ同様に、固定側検出電極86の各電極板86Bとの間でコンデンサC4を構成している。そして、コンデンサC4の静電容量は、外側質量部75がb1方向に変位したときに増大し、外側質量部75がb2方向に変位したときに減少するものである。

【0148】

91は基板72と質量部73, 74との間に設けられた外力検出手段としての角速度検出部で、該角速度検出部91は、固定側検出電極85, 86のうちの一方の固定側検出電極85と可動側検出電極87, 89とによって構成され、コンデンサC1, C3が並列に接続されている。そして、角速度センサ71の作動時には、後述の如く質量部73, 74がY軸方向に変位すると、角速度検出部91全体としての静電容量が変化するものである。

【0149】

92は基板72と質量部73, 75との間に設けられた外力検出手段としての他の角速度検出部で、該角速度検出部92は、他方の固定側検出電極86と可動側検出電極88, 90とによって構成され、コンデンサC2, C4が並列に接続されている。そして、角速度検出部92は、質量部73, 75がY軸方向に変位することにより、その静電容量が変化する構成となっている。

【0150】

これにより、角速度センサ71は、角速度検出部91が質量部73, 74の変位量をコンデンサC1, C3の容量変化として合成し、角速度検出部92が質量部73, 75の変位量をコンデンサC2, C4の容量変化として合成することにより、後述の如く角速度 Ω を加速度 α から分離して検出するものである。

【0151】

本実施の形態による角速度センサ71は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【0152】

まず、角速度センサ71の作動時には、図12に示す如く、各振動発生部83に交流の駆動信号を直流バイアス電圧と共に印加すると、第1の実施の形態とほぼ同様に、各支持梁76がX軸方向に撓み変形することにより、中央質量部73と外側質量部74, 75とが互いに逆位相で矢示a1, a2方向に振動する。

【0153】

そして、角速度センサ71にZ軸周りの角速度 Ω が加わると、例えば中央質量部73にはコリオリ力F1が矢示b1方向に付加される。また、外側質量部74,

75は、中央質量部73と逆向きの速度方向をもって振動しているため、この速度方向に対応して逆向きのコリオリ力 F_2 が矢示b2方向に付加される。

【0154】

この結果、例えば中央質量部73は質量部支持梁77を介して矢示b1方向に変位し、外側質量部74、75は質量部支持梁78を介して矢示b2方向に変位すると共に、これらの変位によって角速度検出部91、92の静電容量が変化する。また、この状態でY軸方向の加速度 α が同時に加わると、質量部73、74、75には、この加速度 α に応じた慣性力 F_a も付加されるようになる。

【0155】

そこで、図13を参照しつつ角速度検出部91、92の静電容量の変化について説明する。

【0156】

まず、質量部73、74、75に角速度 Ω と加速度 α とが加わると、角速度検出部91では、例えば質量部73、74がコリオリ力 F_1 、 F_2 により矢示b1、b2方向にそれぞれ変位する。これにより、コンデンサC1、C3の電極間隔は、いずれも初期状態と比較して狭くなるため、これらの静電容量はそれぞれ増大する。なお、ここではコリオリ力 F_1 、 F_2 の方が慣性力 F_a よりも大きい場合を例に挙げて述べる。

【0157】

この場合、コンデンサC1には、中央質量部73に加わるコリオリ力 F_1 と慣性力 F_a の両方が静電容量を増大させる方向に作用する。従って、コンデンサC1の静電容量の変化量のうち、角速度 Ω による変化分を角速度成分 ΔC_w ($\Delta C_w \geq 0$) とし、慣性力 F_a による変化分を加速度成分 ΔC_a ($\Delta C_a \geq 0$) とすれば、コンデンサC1の静電容量の変化量 ΔC_1 は、下記数2の式のように角速度成分 ΔC_w と加速度成分 ΔC_a とを加えた大きさとなる。

【0158】

【数2】

$$\Delta C_1 = \Delta C_w + \Delta C_a$$

【0159】

また、コンデンサC3には、外側質量部74に加わるコリオリ力F2が静電容量を増大させる方向に作用し、慣性力F_aがコリオリ力F2と逆向きに作用するから、コンデンサC3の静電容量の変化量 ΔC_3 は、下記数3の式のように角速度成分 ΔC_w と加速度成分($-\Delta C_a$)とを加算した値となる。

【0160】

【数3】

$$\Delta C_3 = \Delta C_w - \Delta C_a$$

【0161】

従って、角速度検出部91全体としての静電容量の変化量 ΔC_A を下記数4の式によって算出すると、コンデンサC1、C3の加速度成分 ΔC_a が互いに打消され、静電容量の変化量 ΔC_A は角速度成分 ΔC_w だけに対応した値となる。

【0162】

【数4】

$$\Delta C_A = \Delta C_1 + \Delta C_3 = \Delta C_w + \Delta C_a + \Delta C_w - \Delta C_a = 2 \Delta C_w$$

【0163】

一方、角速度検出部92について述べると、角速度検出部92では、例えば質量部73、75がコリオリ力F1、F2により矢示b1、b2方向にそれぞれ変位する。これにより、コンデンサC2、C4の電極間隔は、いずれも初期状態と比較して広がるため、これらの静電容量はそれぞれ減少する。

【0164】

この場合、コンデンサC2には、中央質量部73に加わるコリオリ力F1と慣性力F_aの両方が電極間隔を広げて静電容量を減少させる方向に作用するから、その変化量 ΔC_2 は、下記数5の式に示す如く、角速度成分($-\Delta C_w$)と加速度成分($-\Delta C_a$)とを加算した大きさとなる。

【0165】

【数5】

$$\Delta C_2 = -\Delta C_w - \Delta C_a$$

【0166】

また、コンデンサC4には、外側質量部75に加わるコリオリ力F2が静電容量

を減少させる方向に作用し、慣性力 F_a がコリオリ力 F_2 と逆方向に作用するから、その変化量 ΔC_4 は、下記数 6 の式のように角速度成分 ($-\Delta C_w$) と加速度成分 ΔC_a とを加算した大きさとなる。

【0 1 6 7】

【数 6】

$$\Delta C_4 = -\Delta C_w + \Delta C_a$$

【0 1 6 8】

従って、角速度検出部 9 2 全体としての静電容量の変化量 ΔC_B を下記数 7 の式によって算出すると、コンデンサ C_2 , C_4 の加速度成分 ΔC_a が互いに打消され、静電容量の変化量 ΔC_B は、角速度検出部 9 1 とほぼ同様に角速度成分 ΔC_w だけに対応した値となる。

【0 1 6 9】

【数 7】

$$\Delta C_B = \Delta C_2 + \Delta C_4 = -\Delta C_w - \Delta C_a - \Delta C_w + \Delta C_a = -2\Delta C_w$$

【0 1 7 0】

そして、角速度センサ 7 1 の作動時には、角速度検出部 9 1, 9 2 から静電容量の変化量 ΔC_A , ΔC_B に応じた信号が出力され、これらの信号を用いて差動増幅等の信号処理を行うことにより、角速度 Ω を精度よく検出することができる。

【0 1 7 1】

また、コリオリ力 F_1 , F_2 よりも慣性力 F_a の方が大きい場合には、外側質量部 7 4, 7 5 が矢示 b_1 方向に変位するようになるが、この場合にも加速度成分 ΔC_a は打消されるため、角速度 Ω を検出することができる。さらに、角速度センサ 7 1 に矢示 b_2 方向の加速度 α が加わる場合にも同様に、角速度 Ω を加速度 α から分離して検出することができる。

【0 1 7 2】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第 1, 第 2 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、質量部 7 3, 7 4 の変位量をコンデンサ C_1 , C_3 の容量変化として合成した状態で検出する角速度検出部 9 1 と、質量部 7 3, 7 5 の変位量をコンデンサ C_2

、C4の容量変化として合成した状態で検出する角速度検出部92とを設ける構成としている。

【0173】

これにより、角速度検出部91、92は、角速度センサ71にZ軸周りの角速度 Ω だけでなく、Y軸方向の加速度 α が加わる場合でも、この加速度 α による静電容量の変化を打消して確実に除去でき、角速度 Ω を加速度 α から分離して安定的に検出できると共に、その検出精度をより高めることができる。

【0174】

この場合、角速度検出部91は、固定側検出電極85と可動側検出電極87、89とを対向させてコンデンサC1、C3を並列に接続し、これらの静電容量の変化を並列に検出すると共に、角速度検出部92は、固定側検出電極86と可動側検出電極88、90とを対向させてコンデンサC2、C4を並列に接続し、これらの静電容量の変化を並列に検出するようにしたので、角速度 Ω と加速度 α に応じた静電容量の変化量のうち加速度成分 ΔC_a をコンデンサC1、C3間およびコンデンサC2、C4間で確実に打消すことができ、複雑な演算処理等を行うことなく、簡単な電極構造で角速度成分 ΔC_w のみを検出することができる。

【0175】

次に、図14ないし図17は本発明による第6の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、外力計測装置により角速度と加速度とを個別に検出する構成としたことにある。なお、本実施の形態では、前記第1の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0176】

101は本実施の形態による外力センサ、102は該外力センサ101の基板で、該基板102上には、例えば低抵抗なシリコン材料等を用いて後述の中央質量部103、外側質量部104、105、棒状質量部106、107、支持梁108、質量部支持梁109、110、連結部111、固定部112、駆動電極114、115、固定側検出電極118、119、120、121、可動側検出電極122、123、124、125等が形成されている。

【0177】

103は基板102の中央近傍に配置された第1の質量部としての中央質量部で、該中央質量部103は、図14、図15に示す如く、前記第3の実施の形態とほぼ同様に、略「日」の字をなす枠状体として形成され、各横枠部103A、各縦枠部103Bおよび中間枠部103Cによって構成されている。

【0178】

そして、中央質量部103は、支持梁108、質量部支持梁109、110および連結部111を介して外側質量部104、105と枠状質量部106、107とに連結され、これらの質量部103、104、105、106、107は、支持梁108によってX軸方向に変位可能に支持されると共に、Y軸方向に沿ってほぼ直線状に並んでいる。また、中央質量部103は各質量部支持梁109によってY軸方向に変位可能に支持されている。

【0179】

104、105はY軸方向に対して中央質量部103の両側に配置された第2の質量部としての一对の外側質量部で、外側質量部104は、図15に示す如く各横枠部104Aと縦枠部104Bとを有する四角形の枠状体により形成され、外側質量部105も外側質量部104と同様の枠状体により形成されている。そして、外側質量部104、105は各質量部支持梁110によってY軸方向に変位可能に支持されている。

【0180】

106は中央質量部103と外側質量部104、105との間に配置された第3の質量部としての枠状質量部で、該枠状質量部106は、第3の実施の形態とほぼ同様に、中央質量部103を取囲む四角形の枠状体によって形成され、各横枠部106Aと縦枠部106Bとを有している。そして、枠状質量部106は、その外側部位が連結部111を介して支持梁108と連結され、その内側部位には質量部支持梁109を介して中央質量部103が連結されている。

【0181】

107、107は外側質量部104、105を取囲んで配置された第4の質量部としての枠状質量部で、該各枠状質量部107は各横枠部107Aと縦枠部107Bとを有する四角形の枠状体からなり、その外側部位が支持梁108に連結

されると共に、その内側部位には質量部支持梁 1 1 0 を介して外側質量部 1 0 4 , 1 0 5 が連結されている。

【 0 1 8 2 】

1 0 8 , 1 0 8 は質量部 1 0 3 ~ 1 0 7 を X 軸方向に変位可能に支持する支持梁で、該各支持梁 1 0 8 は、棒状質量部 1 0 6 の左、右両側に配置され、Y 軸方向に延びている。そして、外力センサ 1 0 1 の作動時には、質量部 1 0 3 , 1 0 6 と質量部 1 0 4 , 1 0 5 , 1 0 7 とが支持梁 1 0 8 等を介して互いにほぼ逆位相で X 軸方向に振動し、このとき支持梁 1 0 8 の長さ方向途中部位には、ほぼ一定の位置を保持する 4 箇所の節部 1 0 8 A が配置される構成となっている。

【 0 1 8 3 】

1 0 9 , 1 0 9 , … は中央質量部 1 0 3 と棒状質量部 1 0 6 とを連結する第 1 の質量部支持梁で、該各第 1 の質量部支持梁 1 0 9 は、第 3 の実施の形態とほぼ同様に、中央質量部 1 0 3 を 4 隅で Y 軸方向に変位可能に支持している。

【 0 1 8 4 】

1 1 0 , 1 1 0 , … は外側質量部 1 0 4 , 1 0 5 と各棒状質量部 1 0 7 とを連結する第 2 の質量部支持梁で、該各第 2 の質量部支持梁 1 1 0 は、外側質量部 1 0 4 , 1 0 5 をそれぞれ 4 隅で Y 軸方向に変位可能に支持している。

【 0 1 8 5 】

1 1 1 , 1 1 1 は棒状質量部 1 0 6 と支持梁 1 0 8 とを連結する左、右の連結部で、該各連結部 1 1 1 は高い剛性をもって形成され、棒状質量部 1 0 6 が Y 軸方向に変位するのを規制している。

【 0 1 8 6 】

1 1 2 は支持梁 1 0 8 を基板 1 0 2 に接続する固定部で、該固定部 1 1 2 は、第 3 の実施の形態とほぼ同様に、基板 1 0 2 上に固定された棒状の台座部 1 1 2 A と、該台座部 1 1 2 A から内側に突出して支持梁 1 0 8 の節部 1 0 8 A に連結された例えば 4 個の腕部 1 1 2 B とによって構成され、質量部 1 0 3 ~ 1 0 7 の振動が基板 1 0 2 に伝わるのを抑制するものである。

【 0 1 8 7 】

一方、1 1 3 , 1 1 3 , … は外側質量部 1 0 4 , 1 0 5 の前、後両側に位置し

て基板 1 0 2 上に設けられた例えば 4 個の駆動電極用支持部、1 1 4, 1 1 4, …は該各駆動電極用支持部 1 1 3 に設けられた固定側駆動電極で、該各固定側駆動電極 1 1 4 の各電極板 1 1 4 A は、各棒状質量部 1 0 7 に設けられた可動側駆動電極 1 1 5, 1 1 5, …の各電極板 1 1 5 A とそれぞれ噛合している。

【0 1 8 8】

1 1 6, 1 1 6, …は各駆動電極 1 1 4, 1 1 5 によって構成された振動発生手段としての振動発生部で、該各振動発生部 1 1 6 は外側質量部 1 0 4, 1 0 5 を図 1 4 中の矢示 a 1, a 2 方向に振動させるものである。

【0 1 8 9】

1 1 7, 1 1 7, …は質量部 1 0 3, 1 0 4, 1 0 5 の内側に位置して基板 1 0 2 上に設けられた例えば 4 個の検出電極用支持部で、該各検出電極用支持部 1 1 7 には、複数の電極板 1 1 8 A, 1 1 9 A, 1 2 0 A, 1 2 1 A を有する固定側検出電極 1 1 8, 1 1 9, 1 2 0, 1 2 1 がそれぞれ設けられている。

【0 1 9 0】

1 2 2, 1 2 3 は中央質量部 1 0 3 の中間棒部 1 0 3 C から前、後方向に突設された可動側検出電極、1 2 4, 1 2 5 は外側質量部 1 0 4, 1 0 5 の内縁側に突設された可動側検出電極で、該可動側検出電極 1 2 2, 1 2 3, 1 2 4, 1 2 5 の各電極板 1 2 2 A, 1 2 3 A, 1 2 4 A, 1 2 5 A は、固定側検出電極 1 1 8, 1 1 9, 1 2 0, 1 2 1 の各電極板 1 1 8 A, 1 1 9 A, 1 2 0 A, 1 2 1 A とそれぞれ噛合している。

【0 1 9 1】

1 2 6, 1 2 7 は後述の外力検出部 1 3 0 を構成する第 1 の変位量検出部で、該第 1 の変位量検出部 1 2 6, 1 2 7 のうち一方の検出部 1 2 6 は、固定側検出電極 1 1 8 と可動側検出電極 1 2 2 とからなり、これらは中央質量部 1 0 3 が矢示 b 1 方向に変位するときに静電容量が増大し、中央質量部 1 0 3 が矢示 b 2 方向に変位するときに静電容量が減少するコンデンサ C 11 を構成している。

【0 1 9 2】

また、他方の変位量検出部 1 2 7 は検出電極 1 1 9, 1 2 3 からなり、これらは中央質量部 1 0 3 が矢示 b 1 方向に変位するときに静電容量が減少し、矢示 b 2

方向に変位するときに静電容量が増大するコンデンサC12を構成している。

【0193】

128, 129は外力検出部130を構成する第2の変位量検出部で、該第2の変位量検出部128, 129のうち一方の検出部128は、固定側検出電極120と可動側検出電極124とからなり、これらは外側質量部104が矢示b1方向に変位するときに静電容量が減少し、外側質量部104が矢示b2方向に変位するときに静電容量が増大するコンデンサC13を構成している。

【0194】

また、他方の変位量検出部129は検出電極121, 125からなり、これらは外側質量部105が矢示b1方向に変位するときに静電容量が増大し、矢示b2方向に変位するときに静電容量が減少するコンデンサC14を構成している。

【0195】

一方、図16において、130は外力センサ101に加わる角速度 Ω と加速度 α とを個別に検出する外力検出手段としての外力検出部で、該外力検出部130は、4個の変位量検出部126, 127, 128, 129と、外力センサ101に接続された外力演算部としての加算アンプ131, 132, 133, 134、差動アンプ135, 136とを含んで構成されている。

【0196】

ここで、加算アンプ131は、変位量検出部127, 129により検出されるコンデンサC12, C14の静電容量の変化量を加算して差動アンプ135に出力するものである。また、加算アンプ132は、変位量検出部126, 128により検出されるコンデンサC11, C13の静電容量の変化量を加算して差動アンプ135に出力する。また、加算アンプ133は、変位量検出部127, 128により検出されるコンデンサC12, C13の静電容量の変化量を加算して差動アンプ136に出力する。さらに、加算アンプ134は、変位量検出部126, 129により検出されるコンデンサC11, C14の静電容量の変化量を加算して差動アンプ136に出力するものである。

【0197】

また、差動アンプ135は、後述の如く加算アンプ131, 132による出力

信号の差を角速度 Ω に対応する検出信号として同期検波器 1 3 7 に出力し、同期検波器 1 3 7 は、例えば振動発生部 1 1 6 による振動周波数に対応した一定の周期で検出信号を同期整流して積分することにより、ノイズ等の除去を行うものである。また、差動アンプ 1 3 6 は、加算アンプ 1 3 3, 1 3 4 による出力信号の差を加速度 α に対応する検出信号として出力するものである。

【 0 1 9 8 】

本実施の形態による外力センサ 1 0 1 は上述の如き構成を有するもので、次に図 1 7 を参照しつつ、その検出動作について説明する。

【 0 1 9 9 】

まず、外力センサ 1 0 1 を作動させると、質量部 1 0 3, 1 0 6 と質量部 1 0 4, 1 0 5, 1 0 7 とは、支持梁 1 0 8 を介して互いに逆位相で矢示 a 1, a 2 方向に振動する。

【 0 2 0 0 】

そして、外力センサ 1 0 1 に角速度 Ω と加速度 α とが加わると、まず中央質量部 1 0 3 には、例えば角速度 Ω によるコリオリ力 F_1 が矢示 b 1 方向に付加され、外側質量部 1 0 4, 1 0 5 には、これと逆向きのコリオリ力 F_2 が矢示 b 2 方向に付加される。また、これらの質量部 1 0 3, 1 0 4, 1 0 5 には、例えば加速度 α による慣性力 F_a が矢示 b 1 方向に加わるようになる。

【 0 2 0 1 】

ここで、コリオリ力 F_1 , F_2 の方が慣性力 F_a よりも大きい場合には、例えば中央質量部 1 0 3 は質量部支持梁 1 0 9 を介して矢示 b 1 方向に変位し、外側質量部 1 0 4, 1 0 5 は質量部支持梁 1 1 0 を介して矢示 b 2 方向に変位すると共に、変位量検出部 1 2 6, 1 2 7, 1 2 8, 1 2 9 の静電容量が変化する。

【 0 2 0 2 】

この場合、変位量検出部 1 2 6 には、前記第 5 の実施の形態におけるコンデンサ C 1 の場合とほぼ同様に、中央質量部 1 0 3 に加わるコリオリ力 F_1 と慣性力 F_a の両方がコンデンサ C 11 の静電容量を増大させる方向に作用する。従って、コンデンサ C 11 の静電容量の変化量 ΔC_{11} は、前記数 2 の式と同様に、コリオリ力 F_1 に対応する角速度成分 ΔC_w と慣性力 F_a に対応する加速度成分 ΔC_a とを

用いて、下記数 8 の式のように表すことができる。

【0 2 0 3】

【数 8】

$$\Delta C_{11} = \Delta C_w + \Delta C_a$$

【0 2 0 4】

また、変位量検出部 1 2 7 には、コリオリ力 F_1 と慣性力 F_a の両方がコンデンサ C_{12} の静電容量を減少させる方向に作用する。従って、コンデンサ C_{12} の静電容量の変化量 ΔC_{12} は下記数 9 の式のように表すことができる。

【0 2 0 5】

【数 9】

$$\Delta C_{12} = -\Delta C_w - \Delta C_a$$

【0 2 0 6】

また、変位量検出部 1 2 8 には、コリオリ力 F_2 がコンデンサ C_{13} の静電容量を増大させる方向に作用し、慣性力 F_a がコリオリ力 F_2 と逆向きに作用するから、コンデンサ C_{13} の静電容量の変化量 ΔC_{13} は下記数 1 0 の式のようにになる。

【0 2 0 7】

【数 1 0】

$$\Delta C_{13} = \Delta C_w - \Delta C_a$$

【0 2 0 8】

さらに、変位量検出部 1 2 9 には、コリオリ力 F_2 がコンデンサ C_{14} の静電容量を減少させる方向に作用し、慣性力 F_a がこれと逆向きに作用するから、コンデンサ C_{14} の静電容量の変化量 ΔC_{14} は下記数 1 1 の式のようにになる。

【0 2 0 9】

【数 1 1】

$$\Delta C_{14} = -\Delta C_w + \Delta C_a$$

【0 2 1 0】

そして、加算アンプ 1 3 1 により静電容量の変化量 ΔC_{12} , ΔC_{14} が加算され、加算アンプ 1 3 2 により静電容量の変化量 ΔC_{11} , ΔC_{13} が加算されると、これらの加算結果の差に対応する検出信号 S_1 が差動アンプ 1 3 5 から同期検波器

1 3 7 を介して出力される。この場合、検出信号 S1 は、前記数 8 ～ 1 1 の式を用いて下記数 1 2 のように表すことができる。

【0 2 1 1】

【数 1 2】

$$\begin{aligned} S1 &= \Delta C12 + \Delta C14 - (\Delta C11 + \Delta C13) \\ &= -\Delta Cw - \Delta Ca - \Delta Cw + \Delta Ca - (\Delta Cw + \Delta Ca + \Delta Cw - \Delta Ca) \\ &= -4 \Delta Cw \end{aligned}$$

【0 2 1 2】

また、加算アンプ 1 3 3 により静電容量の変化量 $\Delta C12$, $\Delta C13$ が加算され、加算アンプ 1 3 4 により静電容量の変化量 $\Delta C11$, $\Delta C14$ が加算されると、差動アンプ 1 3 6 は、これらの加算結果の差に対応する検出信号 S2 を出力する。この場合、検出信号 S2 は、下記数 1 3 のように表すことができる。

【0 2 1 3】

【数 1 3】

$$\begin{aligned} S2 &= \Delta C12 + \Delta C13 - (\Delta C11 + \Delta C14) \\ &= -\Delta Cw - \Delta Ca + \Delta Cw - \Delta Ca - (\Delta Cw + \Delta Ca - \Delta Cw + \Delta Ca) \\ &= -4 \Delta Ca \end{aligned}$$

【0 2 1 4】

従って、角速度センサ 1 0 1 は、Z 軸周りの角速度 Ω と Y 軸方向の加速度 α とが同時に加わる場合でも、これらの大きさを検出信号 S1, S2 として個別に検出することができる。また、コリオリ力 F1, F2 よりも慣性力 F a の方が大きい場合や加速度 α が矢示 b2 方向に加わる場合においても、角速度 Ω と加速度 α とを個別に検出することができる。

【0 2 1 5】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第 1, 第 3, 第 5 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、Y 軸方向に対して中央質量部 1 0 3 の変位量を検出する変位量検出部 1 2 6, 1 2 7 と、外側質量部 1 0 4, 1 0 5 の変位量を検出する変位量検出部 1 2 8, 1 2 9 と、外力演算部 1 3 0 とを設ける構成としている。

【 0 2 1 6 】

これにより、外力演算部 1 3 0 は、第 1 の変位量検出部 1 2 6, 1 2 7 により検出した中央質量部 1 0 3 の変位量と、第 2 の変位量検出部 1 2 8, 1 2 9 により検出した外側質量部 1 0 4, 1 0 5 の変位量とを加算アンプ 1 3 1, 1 3 2, 1 3 3, 1 3 4、差動アンプ 1 3 5, 1 3 6 によって加算および減算でき、これらの変位量に含まれる角速度成分 $\Delta C w$ と加速度成分 $\Delta C a$ とを個別に演算することができる。

【 0 2 1 7 】

従って、外力センサ 1 0 1 は、角速度 Ω 、加速度 α に対応する検出信号 S1, S2 を正確に導出でき、単一の外力センサ 1 0 1 により Z 軸周りの角速度 Ω と Y 軸方向の加速度 α とをそれぞれ独立して安定的に検出できると共に、外力計測装置としての性能を向上させることができる。

【 0 2 1 8 】

また、外側質量部 1 0 4, 1 0 5 を取囲む 2 個の棒状質量部 1 0 7 を設けたので、該各棒状質量部 1 0 7 は、支持梁 1 0 8 の撓み変形が Y 軸方向への変位となって外側質量部 1 0 4, 1 0 5 に伝わるのを確実に遮断でき、検出精度をより向上させることができる。

【 0 2 1 9 】

なお、前記第 3, 第 6 の実施の形態では、固定部 4 9, 1 1 2 の台座部 4 9 A, 1 1 2 A から支持梁 4 6, 1 0 8 の各節部 4 6 A, 1 0 8 A に向けて直線状の腕部 4 9 B, 1 1 2 B を突出させる構成としたが、本発明はこれに限らず、例えば図 1 8 に示す変形例のように、固定部 4 9' の台座部 4 9 A' と腕部 4 9 B' との間に略コ字状の緩衝部 4 9 C' を設け、支持梁 4 6 の撓み変形によって腕部 4 9 B' に応力が加わるときには、この応力を緩衝部 4 9 C' が僅かに撓み変形することによって緩衝する構成としてもよい。また、第 6 の実施の形態においても、固定部 1 1 2 の台座部 1 1 2 A と腕部 1 1 2 B との間に略コ字状の緩衝部を設ける構成としてもよい。

【 0 2 2 0 】

また、前記第 6 の実施の形態では、外側質量部 1 0 4, 1 0 5 を棒状質量部 1

07によって取囲む構成としたが、本発明はこれに限らず、棒状質量部106、107のうち中央質量部103を取囲む棒状質量部106だけを設け、外側質量部104、105を取囲む棒状質量部107は省略し、外側質量部104、105を第5の実施例とほぼ同様の質量部支持梁によって支持梁108に連結する構成としてもよい。

【0221】

また、前記第6の実施の形態では、差動アンプ135から同期検波器137を介して角速度の検出信号S1を出力し、差動アンプ136から加速度 α の検出信号S2を直接的に出力する構成としたが、本発明はこれに限らず、差動アンプ135、136の出力側には、例えば振動発生手段による振動周波数に近い高周波ノイズ等を検出信号S1、S2から除去するローパスフィルタ等を設ける構成としてもよい。

【0222】

【発明の効果】

以上詳述した通り、請求項1の発明によれば、基板上に配置した複数の質量部を支持梁によって連結し、該各質量部を互いに逆位相で振動させる構成としたので、例えば一部の質量部を振動させることにより、支持梁を介して各質量部を互いに逆位相で効率よく振動させることができる。そして、支持梁の長さ方向途中部位には、各質量部が振動するときに基板に対してほぼ一定の位置を保持する振動の節を配置でき、例えば支持梁の節の部位を基板側に固定することにより、各質量部の振動状態を安定させることができる。また、例えば互いに逆位相で振動する2個の質量部の変位量を比較することにより、角速度を衝撃等による加速度から分離して検出でき、その検出動作を安定させることができる。

【0223】

また、請求項2の発明によれば、固定部は支持梁のうち各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を基板に接続する構成としたので、固定部の位置では各質量部の振動を互いに打消すことができ、その振動が支持梁を介して基板に伝わるのを確実に抑制することができる。これにより、振動発生手段による振動エネルギーを基板側に逃がすことなく、各質量部を所定の振幅、振動速度

等で効率よく振動させることができ、外力（角速度）の検出感度を安定させることができる。また、基板に振動が伝わることによって各質量部が外力の検出方向に誤って変位するのを防止でき、外力の検出精度を高めて信頼性を向上させることができる。

【 0 2 2 4 】

また、請求項 3 の発明によれば、外力検出手段は、各質量部が Z 軸方向に変位するときの変位量を検出する構成としたので、各質量部を X 軸方向に振動させつつ、例えば角速度、加速度等の外力に応じて Z 軸方向に変位させることができ、このときの変位量を外力として検出することができる。

【 0 2 2 5 】

また、請求項 4 の発明によれば、各質量部を、質量部支持梁によって支持され Y 軸方向の変位量が角速度として検出される第 1 の質量部と、該第 1 の質量部の両側に位置する第 2 の質量部とによって構成したので、第 1 の質量部を挟んで第 2 の質量部を対称に配置でき、各質量部を X 軸方向に対して互いに逆位相で安定的に振動させることができる。そして、この状態で第 1 の質量部が質量部支持梁を介して Y 軸方向に変位するときの変位量を角速度として検出することができる。また、角速度が加わっていないときには、例えば支持梁が X 軸方向に撓み変形することによって第 1、第 2 の質量部を X 軸方向だけに振動させることができ、質量部支持梁は Y 軸方向に変位しない状態を保持することができる。従って、第 1 の質量部が支持梁の撓み変形等によって Y 軸方向にも誤って変位するのを防止でき、検出精度を高めて信頼性を向上させることができる。

【 0 2 2 6 】

一方、請求項 5 の発明によれば、各第 2 の質量部を支持梁によって互いに X 軸方向に変位可能に連結し、第 3 の質量部を連結部によって支持梁に連結し、第 1 の質量部を質量部支持梁によって第 3 の質量部内に Y 軸方向に変位可能に連結する構成としたので、第 1、第 2、第 3 の質量部全体を振動発生手段によって X 軸方向に振動させつつ、第 1 の質量部が角速度により質量部支持梁を介して Y 軸方向に変位するときの変位量を角速度として検出でき、このとき各質量部の振動が支持梁を介して基板に伝わるのを確実に抑制することができる。また、第 3 の質

量部は、角速度が加わっていないときに、支持梁の撓み変形等がY軸方向への変位となって第1の質量部に伝わるのを遮断でき、検出精度をより向上させることができる。

【0227】

また、請求項6の発明によれば、固定部は支持梁のうち各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を基板に接続する構成としたので、各質量部の振動が支持梁を介して基板に伝わるのを確実に抑制することができる。

【0228】

また、請求項7の発明によれば、第1、第2の質量部をY軸方向に変位する第1、第2の質量部支持梁を介して支持梁にそれぞれ連結する構成としたので、第1、第2の質量部は支持梁を介して互い逆位相でX軸方向に振動しつつ、角速度または加速度の大きさに応じてY軸方向に変位することができる。従って、外力検出手段は、第1、第2の質量部の変位量を用いて角速度または加速度を検出することができる。

【0229】

さらに、請求項8の発明によれば、第1、第2の質量部は第1、第2の質量部支持梁を介して第3、第4の質量部に連結し、該第3、第4の質量部は支持梁に連結する構成としたので、第1、第2の質量部は支持梁を介して互い逆位相でX軸方向に振動しつつ、角速度または加速度の大きさに応じてY軸方向に変位することができる。また、第3、第4の質量部は支持梁の撓み変形等が第1、第2の質量部に伝わるのを遮断することができる。

【0230】

また、請求項9の発明によれば、固定部は支持梁のうち各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を基板に接続する構成としたので、各質量部の振動が支持梁を介して基板に伝わるのを確実に抑制することができる。

【0231】

また、請求項10の発明によれば、外力検出手段は、各質量部が互いに逆位相で振動しつつ検出方向にそれぞれ変位するときの変位量を合成して検出する構成としたので、例えば各質量部に角速度と加速度とが加わるときには、各質量部の

変位量を加算または減算等して合成することにより、これらの質量部の変位量のうち加速度により互いに同方向に変位した加速度成分を確実に打消すことができ、例えば角速度を加速度から分離して安定的に検出することができる。従って、外力計測装置に角速度だけでなく、衝撃等による加速度が加わる場合でも、角速度の検出精度を確実に向上させることができる。

【 0 2 3 2 】

さらに、請求項 1 1 の発明によれば、外力検出手段は固定側検出電極に対する第 1, 第 2 の可動側検出電極の変位量を静電容量の変化として並列に検出する構成としたので、これらの可動側検出電極と固定側検出電極との間に 2 個のコンデンサを並列に形成することができる。そして、第 1, 第 2 の質量部に角速度と加速度とが加わるときには、第 1, 第 2 の可動側検出電極が固定側検出電極に対して互いに同方向に変位することにより、2 個のコンデンサ間で静電容量の変化量のうち加速度成分を確実に打消すことができ、複雑な演算処理等を行うことなく、簡単な電極構造で角速度成分を検出することができる。

【 0 2 3 3 】

これにより、第 1, 第 2 の質量部が互いに逆位相で振動している状態で該各質量部に角速度が加わるときには、これらの質量部がコリオリ力により互いに逆方向に変位する。この結果、例えば第 1, 第 2 の可動側検出電極の両方を固定側検出電極に接近させることができ、これらの間の静電容量を角速度の大きさに応じて増大させることができる。また、第 1, 第 2 の質量部に加速度が加わるときには、これらの質量部が互いに同方向に変位するから、第 1, 第 2 の可動側検出電極のうち一方の電極を固定側検出電極に接近させ、他方の電極を固定側検出電極から離間させることができ、加速度による各検出電極間の静電容量の変化を打消すことができる。

【 0 2 3 4 】

また、請求項 1 2 の発明によれば、外力検出手段を、第 1, 第 2 の質量部の変位量をそれぞれ検出する第 1, 第 2 の変位量検出部と、該各変位量検出部の検出結果を用いて角速度と加速度とを個別に演算する外力演算部とにより構成したので、外力演算部は、例えば第 1, 第 2 の変位量検出部による各検出値の加算値お

よび差を求めることにより、該各検出値に含まれる角速度成分と加速度成分とを個別に演算することができる。従って、各質量部に加わる角速度と加速度とをそれぞれ独立して安定的に検出でき、外力計測装置としての性能を向上させることができる。

【 0 2 3 5 】

さらに、請求項 1 3 の発明によれば、外力検出手段を櫛歯状の固定側検出電極と可動側検出電極とによって構成したので、固定側検出電極と可動側検出電極の各電極部を互いに嚙合させ、これらの検出電極に大きな対向面積を与えることができる。そして、質量部が外力により Y 軸方向に変位するときには、その変位量を各検出電極間の距離（静電容量）の変化として検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 2】

角速度センサを図 1 中の矢示 II-II 方向からみた断面図である。

【図 3】

角速度センサを図 1 中の矢示 III - III 方向からみた断面図である。

【図 4】

中央質量部と外側質量部とが逆位相で振動する状態を示す平面図である。

【図 5】

本発明の第 2 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 6】

角速度センサを図 5 中の矢示 VI-VI 方向からみた断面図である。

【図 7】

本発明の第 3 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 8】

中央質量部と棒状質量部とが外側質量部に対して逆位相で振動する状態を示す角速度センサの要部拡大図である。

【図 9】

本発明の第 4 の実施の形態による角速度センサを図 8 と同様位置からみた要部拡大図である。

【図 1 0】

本発明の第 5 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図 1 1】

角速度センサを図 1 0 中の矢示 XI-XI 方向からみた断面図である。

【図 1 2】

中央質量部と外側質量部が角速度により互いに逆方向に変位する状態を示す平面図である。

【図 1 3】

角速度センサを模式的に示す図 1 2 の説明図である。

【図 1 4】

本発明の第 6 の実施の形態による外力センサを示す平面図である。

【図 1 5】

外力センサの一部を示す部分拡大図である。

【図 1 6】

外力センサに接続された外力演算部を示す構成図である。

【図 1 7】

外力センサの中央質量部と外側質量部が角速度により互いに逆方向に変位する状態を模式的に示す説明図である。

【図 1 8】

第 3 の実施の形態の変形例を示す角速度センサの要部拡大図である。

【符号の説明】

1, 2 1, 4 1, 7 1 角速度センサ

2, 2 2, 4 2, 7 2, 1 0 2 基板

3, 2 3, 4 3, 7 3, 1 0 3 中央質量部 (第 1 の質量部)

4, 2 4, 4 4, 7 4, 7 5, 1 0 4, 1 0 5 外側質量部 (第 2 の質量部)

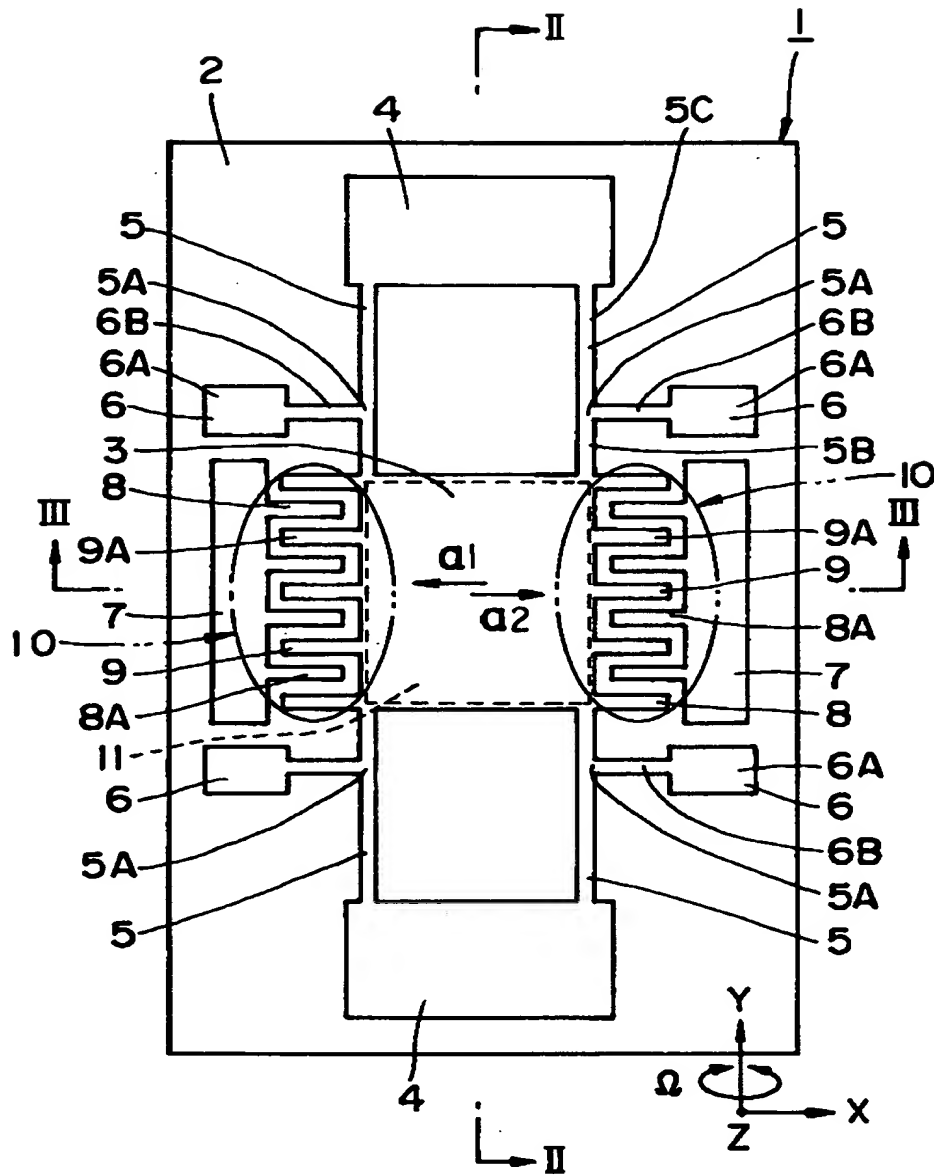
5, 2 5, 4 6, 7 6, 1 0 8 支持梁

5 A, 2 5 A, 4 6 A, 7 6 A, 1 0 8 A 節部

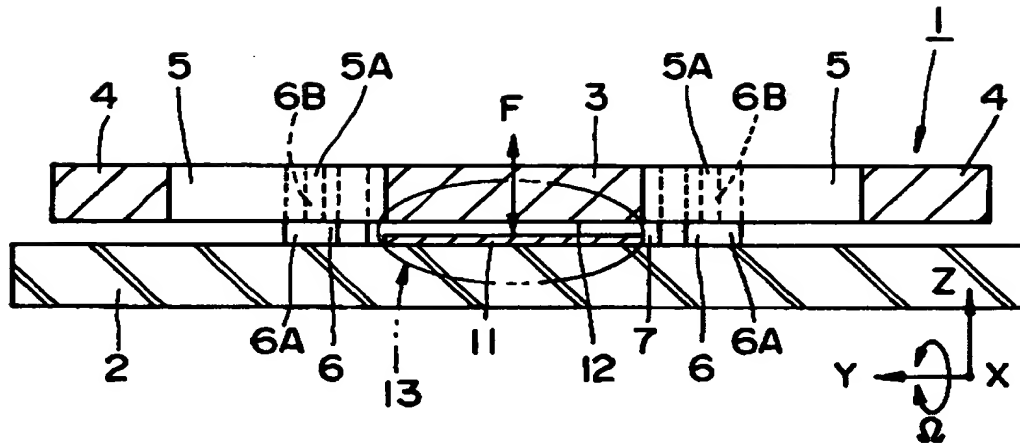
6, 27, 49, 61, 79, 112 固定部
7, 28, 50, 80, 113 駆動電極用支持部
8, 29, 51, 81, 114 固定側駆動電極
8A, 9A, 29A, 30A, 33A, 34A, 51A, 52A, 55A, 56A, 81A, 82A, 85A, 85B, 86A, 86B, 87A, 88A, 89A, 90A, 114A, 115A, 118A, 119A, 120A, 121A, 122A, 123A, 124A, 125A 電極板 (電極部)
9, 30, 52, 82, 115 可動側駆動電極
10, 31, 53, 83, 116 振動発生部 (振動発生手段)
11, 33, 55, 85, 86, 118, 119, 120, 121 固定側検出電極
12, 34, 56, 87, 88, 89, 90, 122, 123, 124, 125 可動側検出電極
13, 35, 57, 91, 92 角速度検出部 (外力検出手段)
26, 48, 77, 78, 109, 110 質量部支持梁
32, 54, 84, 117 検出電極用支持部
45, 106, 107 棒状質量部 (第3, 第4の質量部)
47, 111 連結部
101 外力センサ
126, 127, 128, 129 変位置検出部
130 外力検出部 (外力検出手段)
131, 132, 133, 134 加算アンプ (外力演算部)
135, 136 差動アンプ (外力演算部)

【書類名】 図面

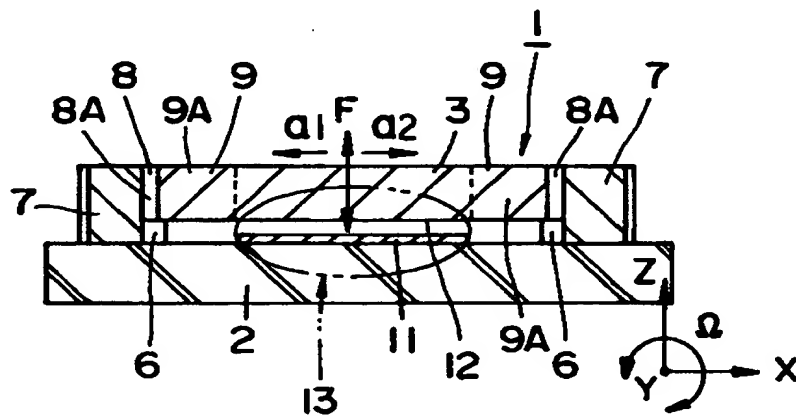
【図 1】



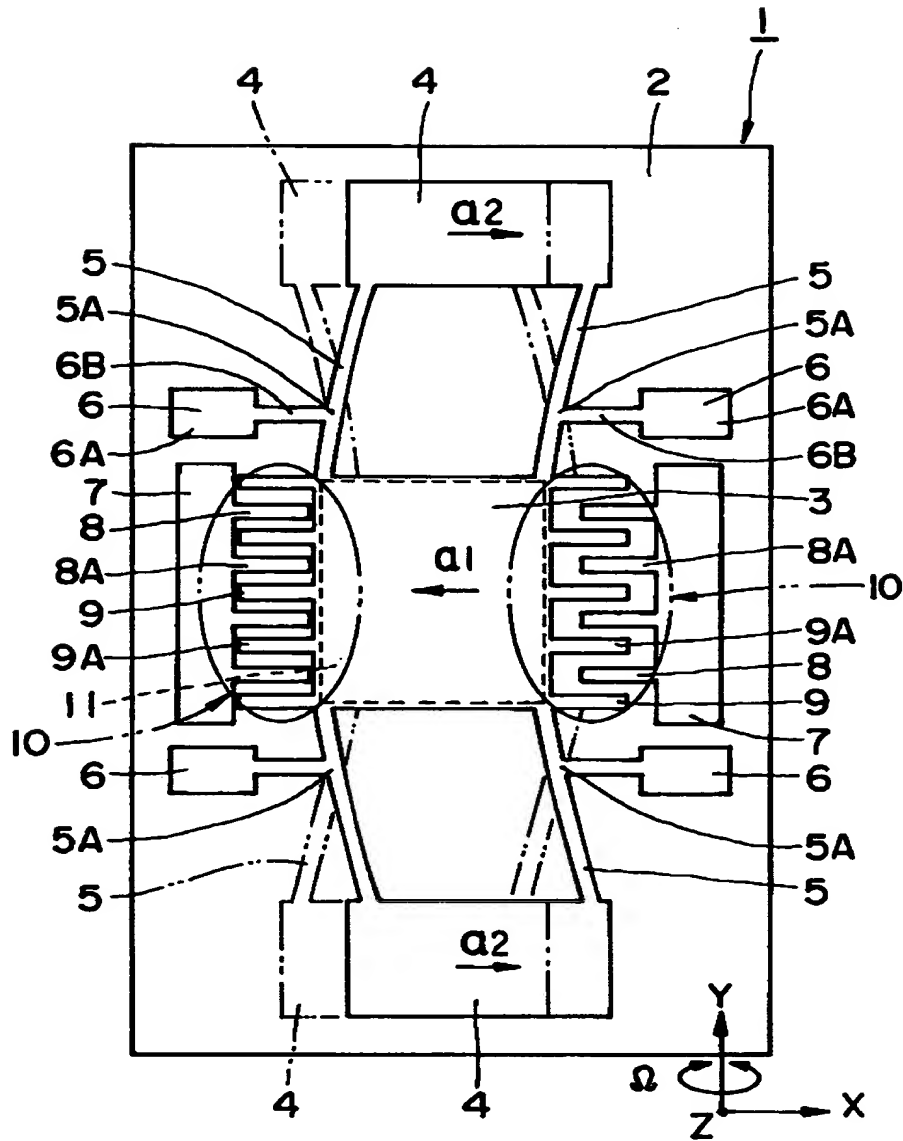
【図2】



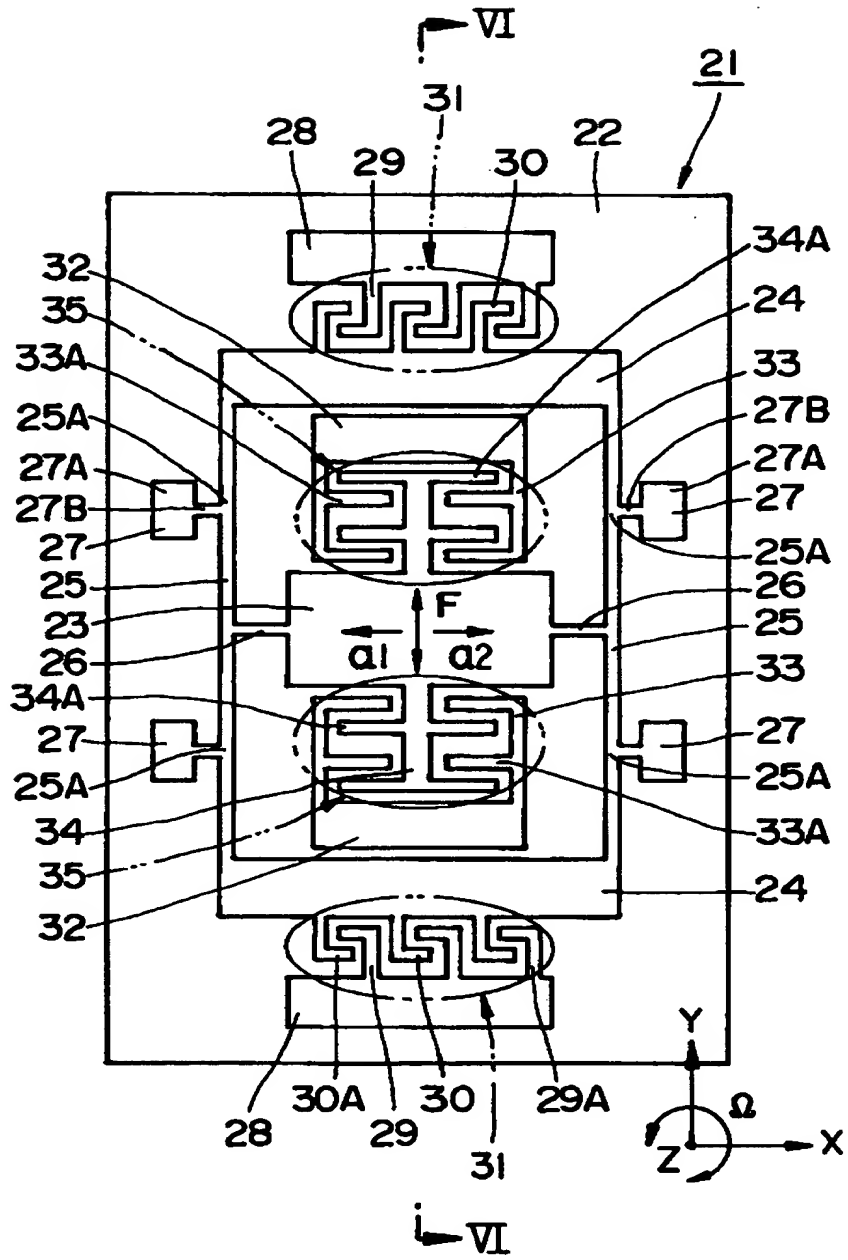
【図3】



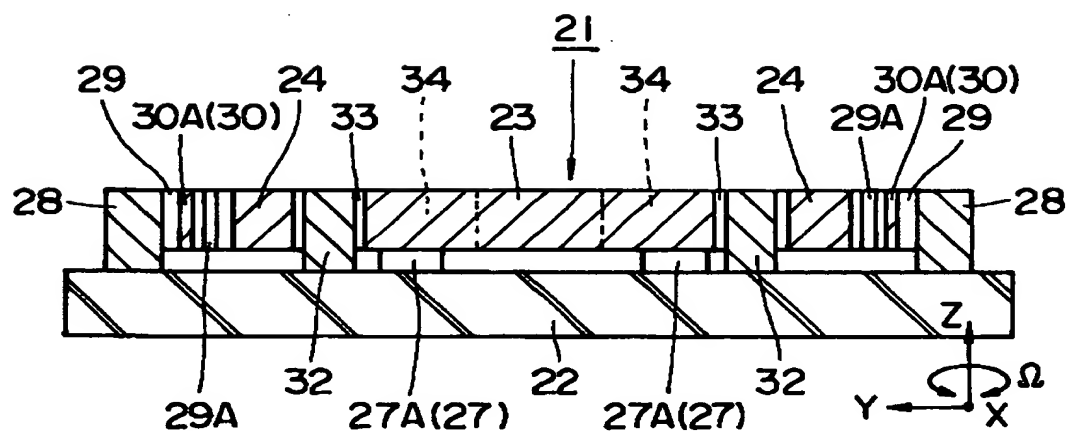
【図4】



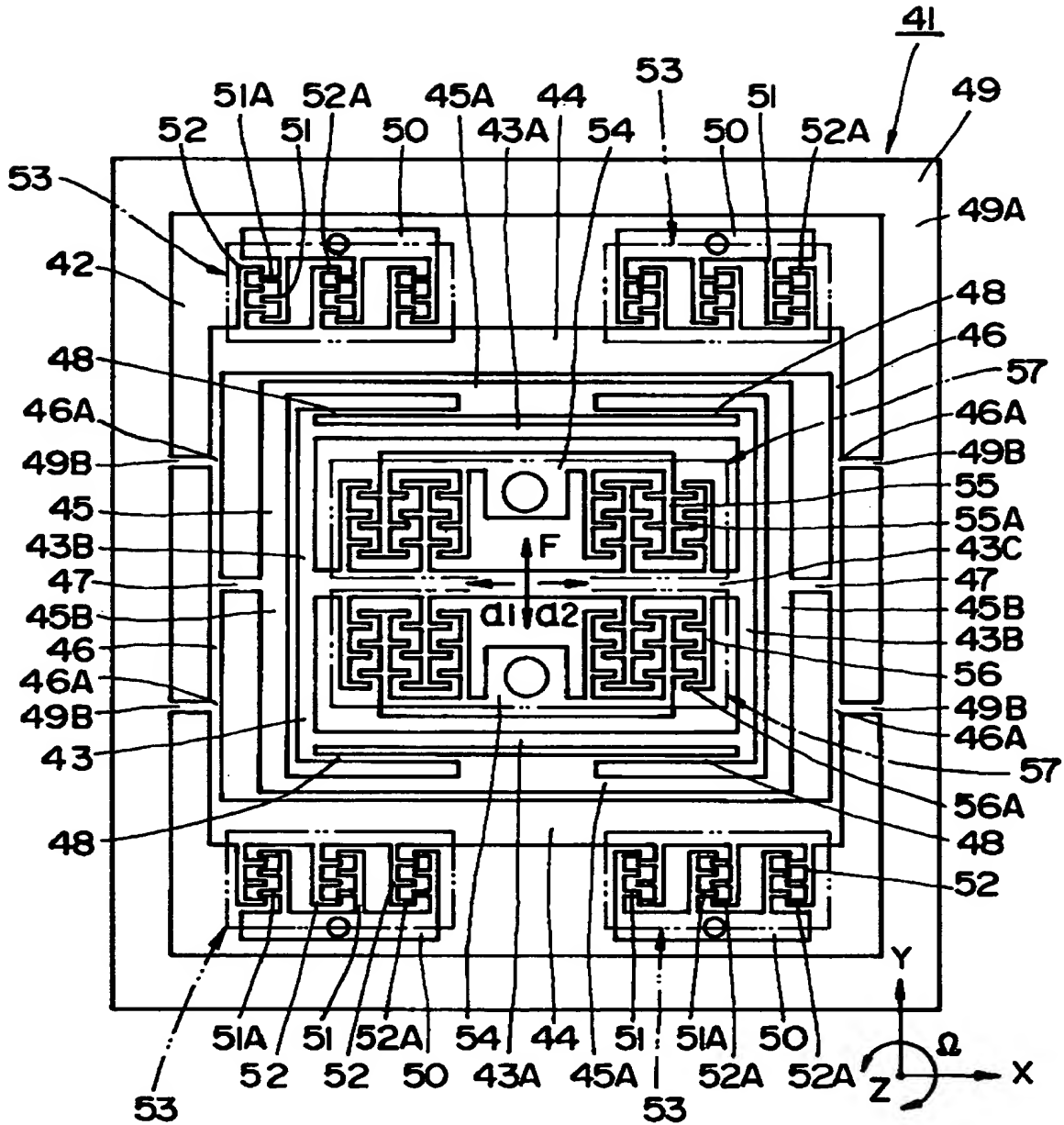
【図 5】



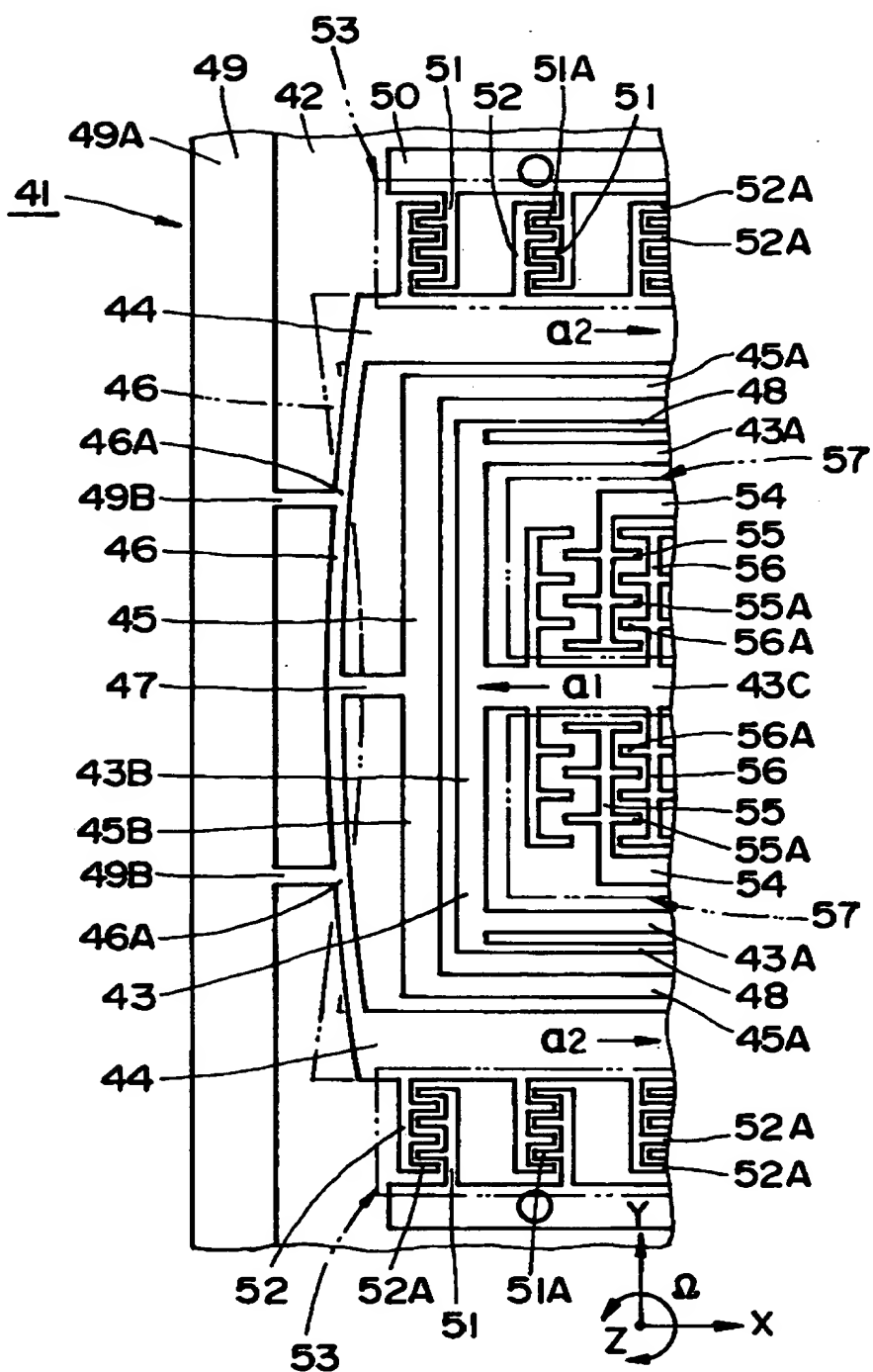
【図6】



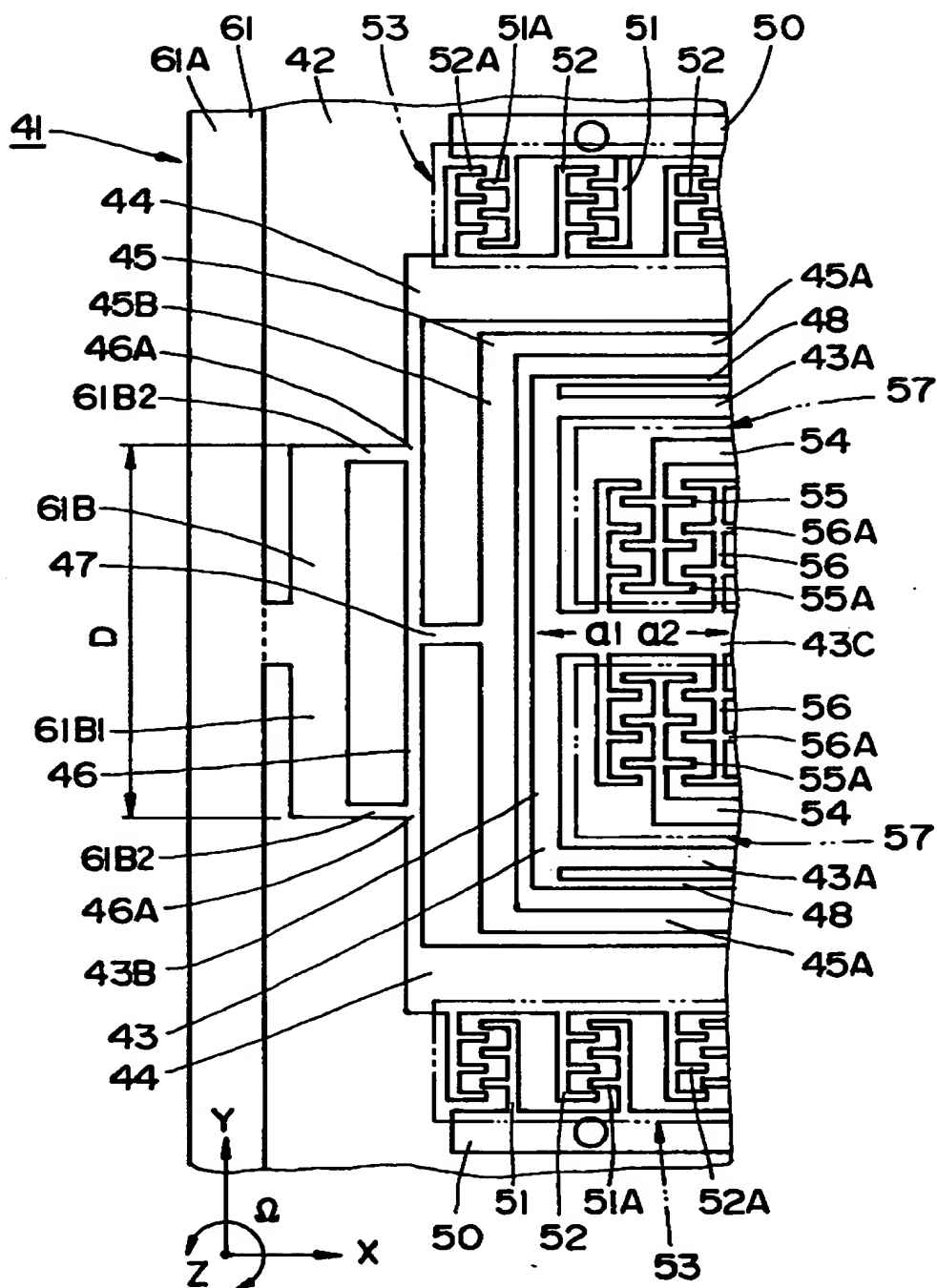
【図7】



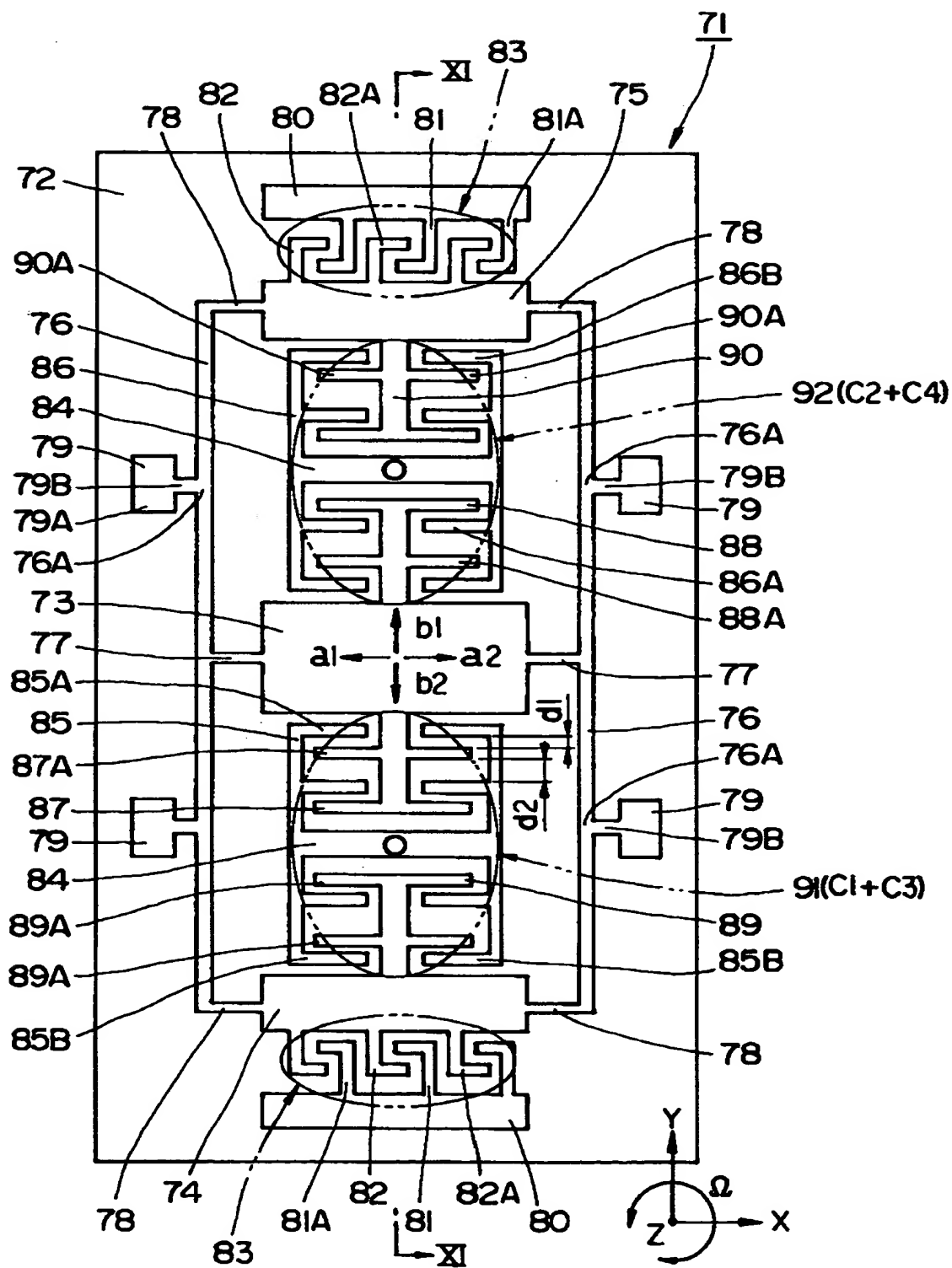
【図 8】



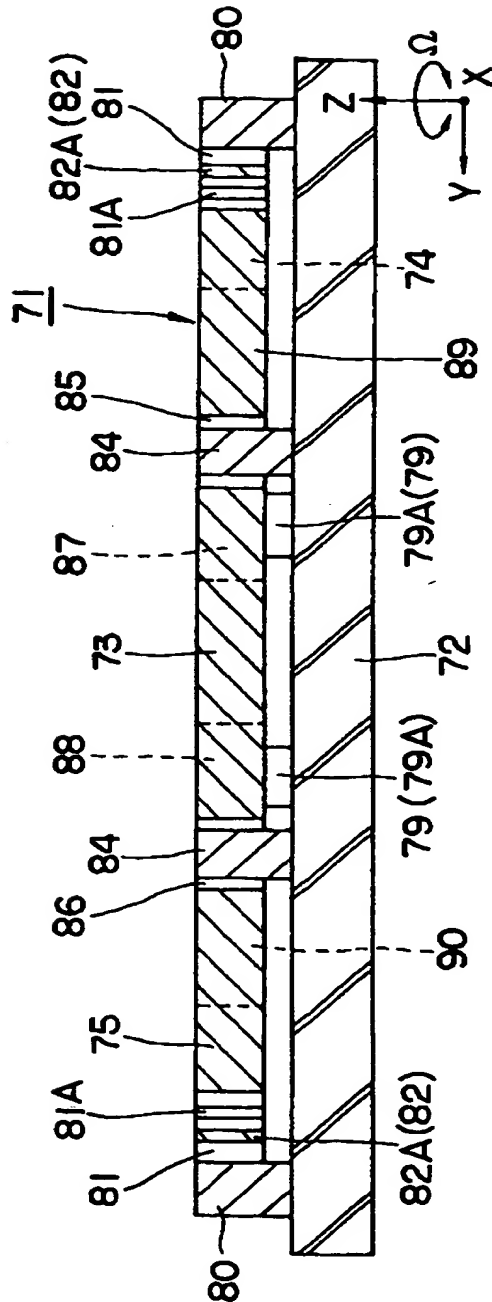
【図9】



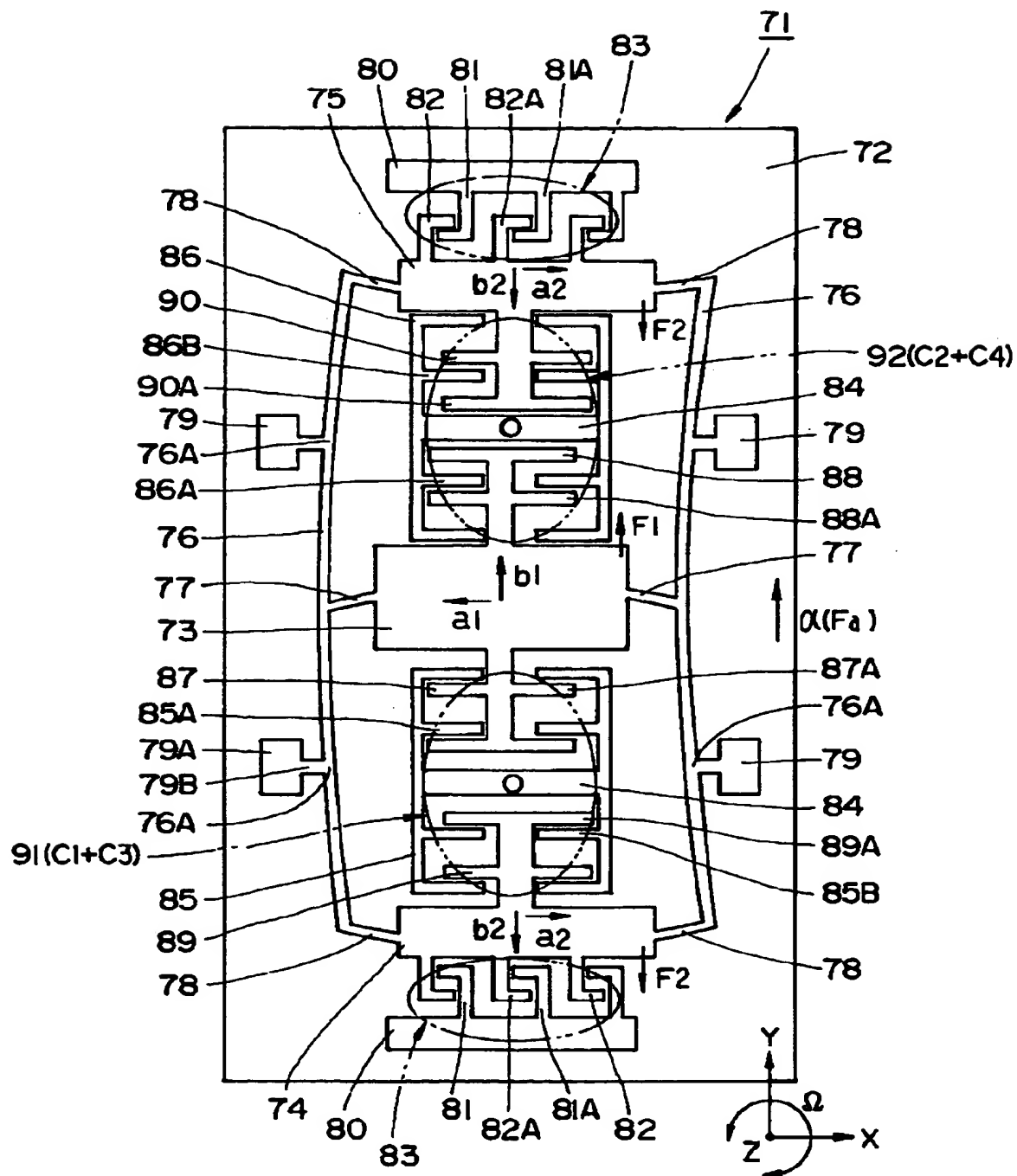
【図10】



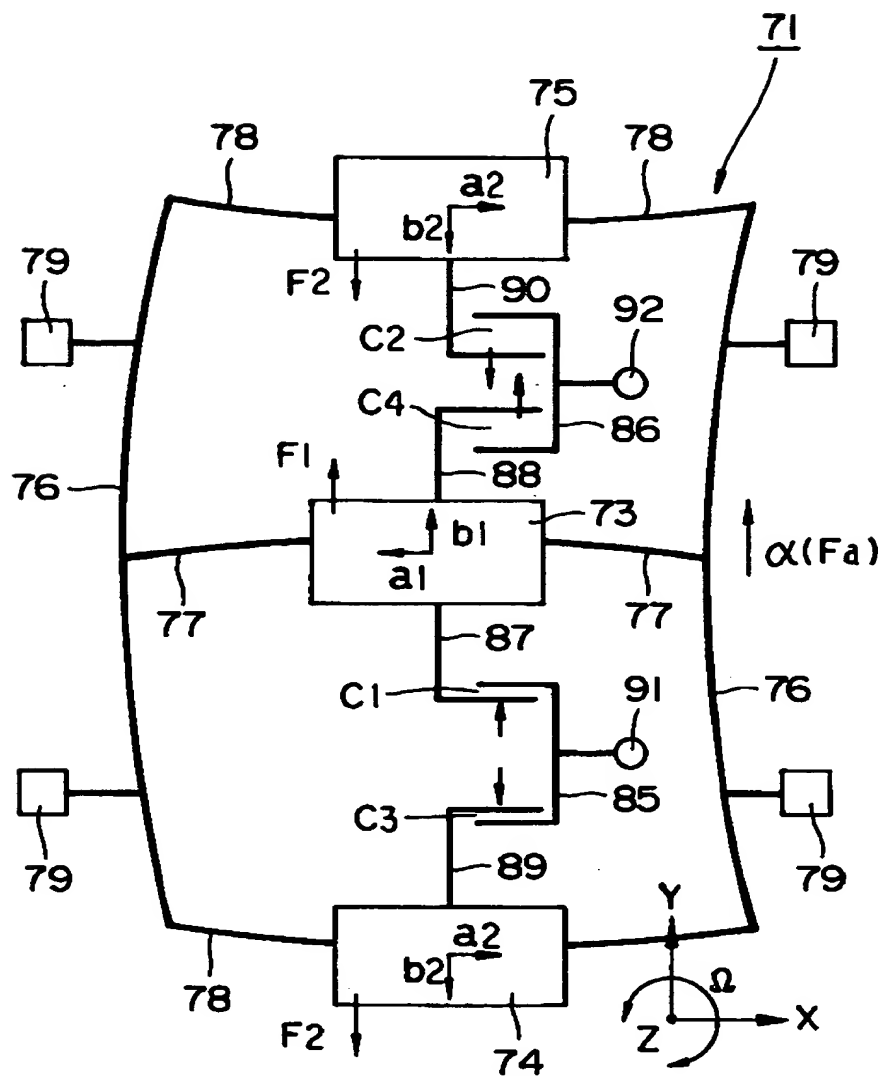
【図11】



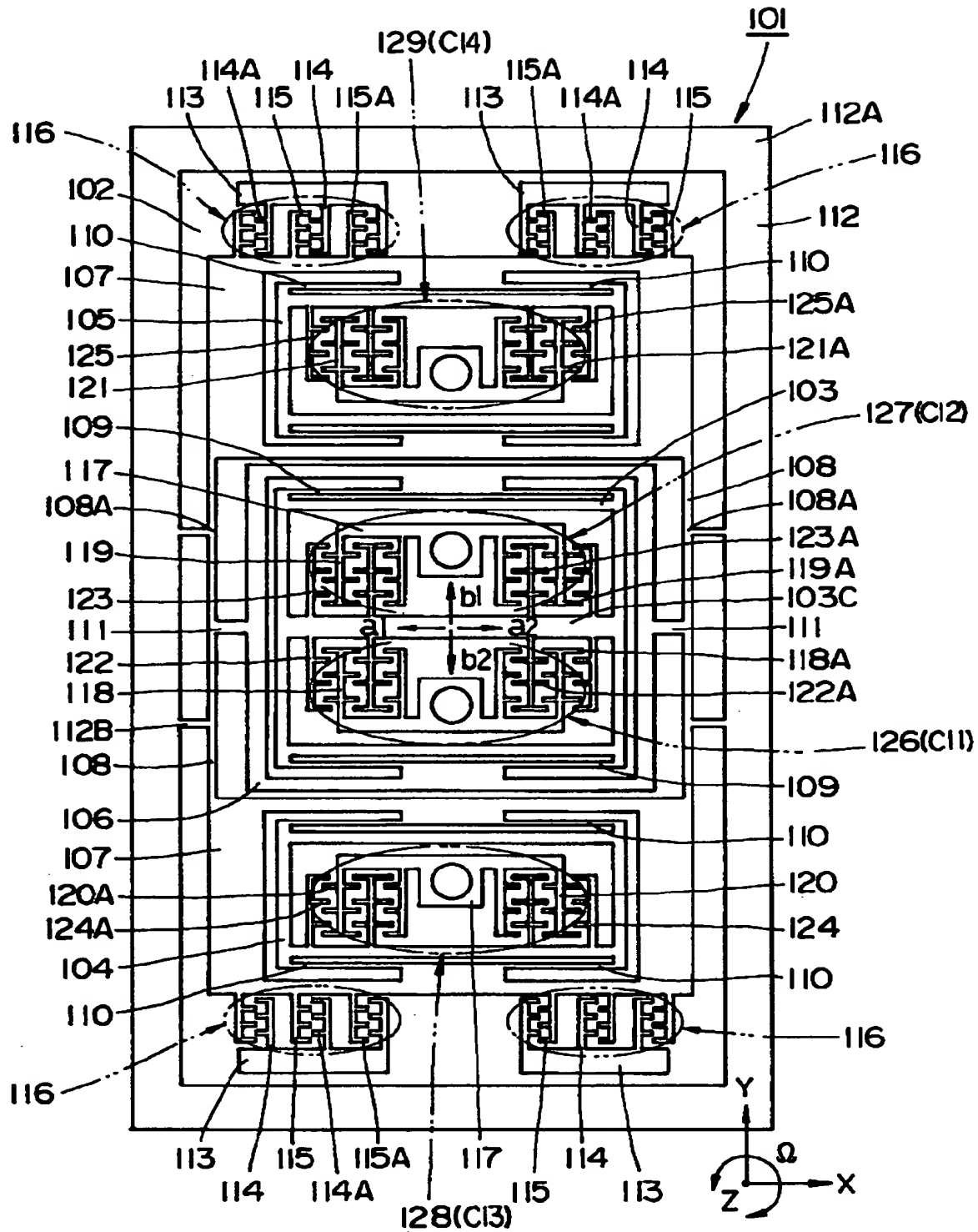
【図12】



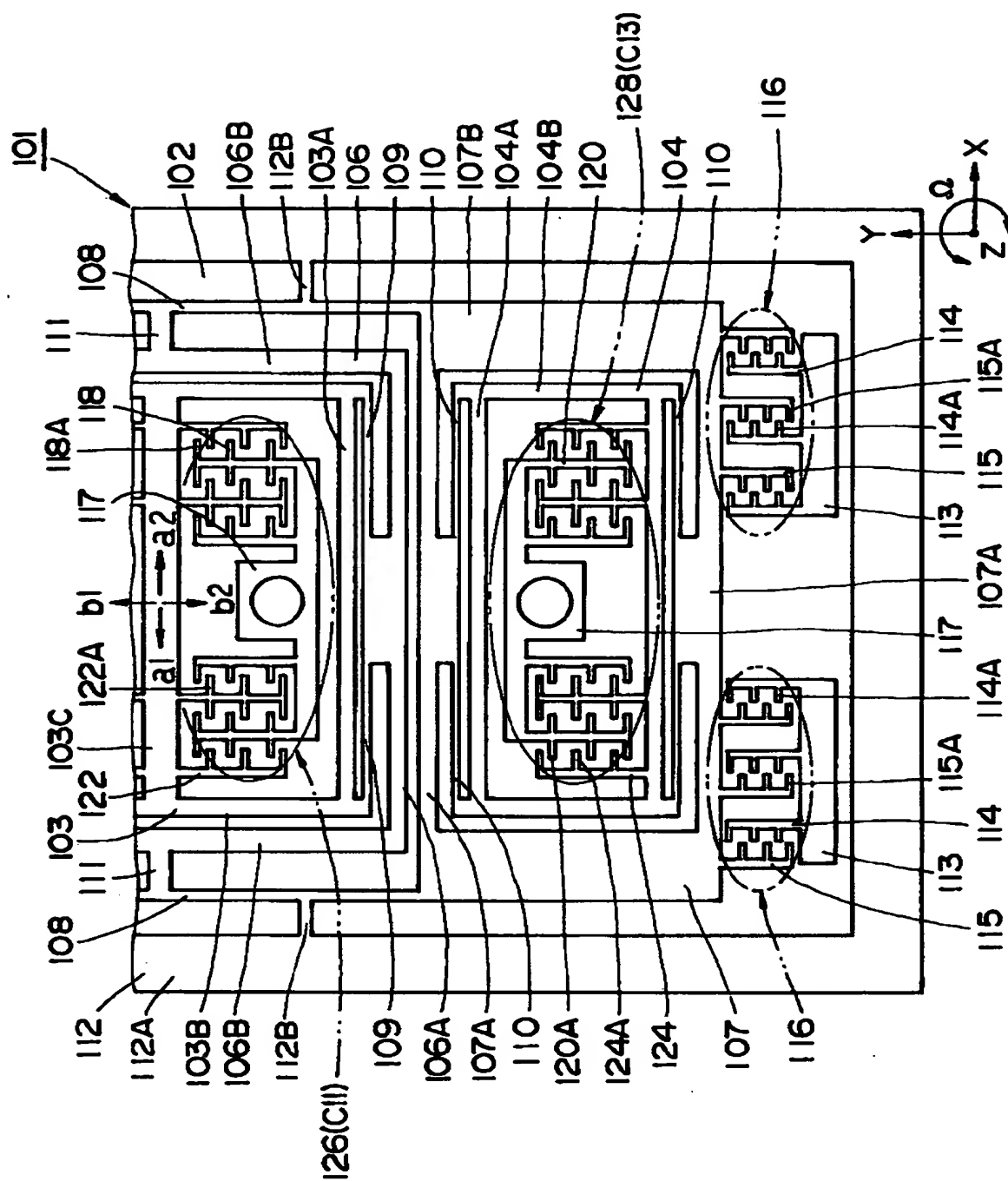
【図13】



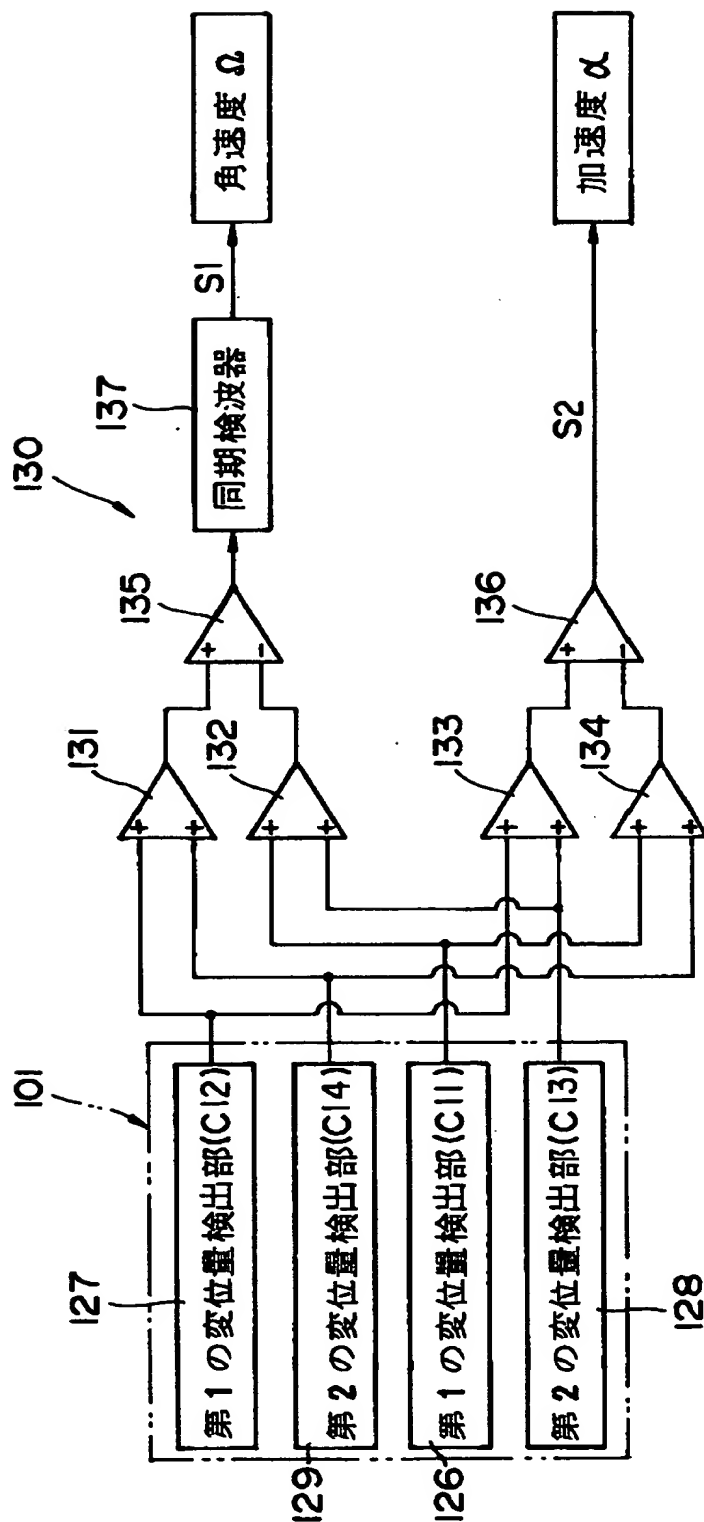
【図14】



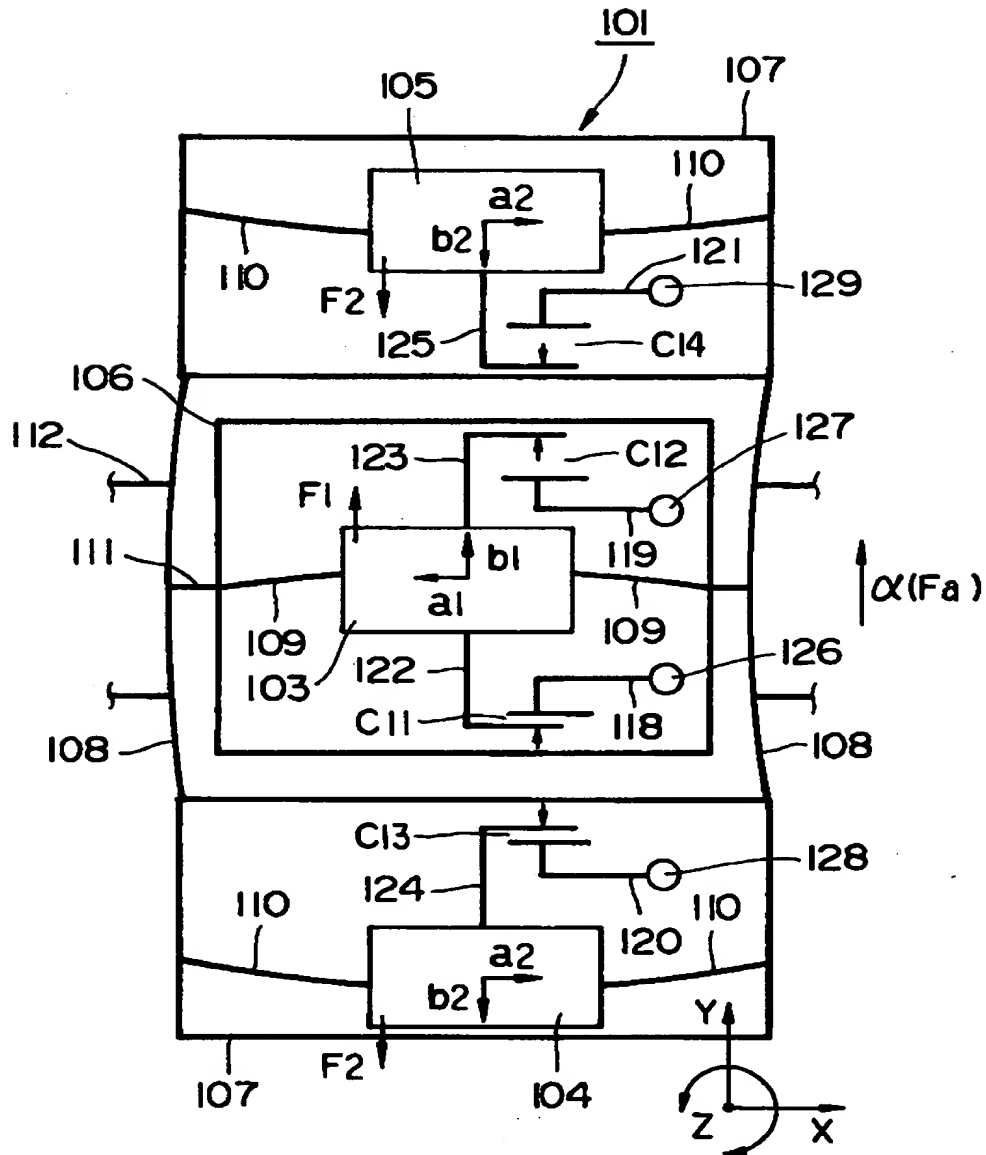
【図15】



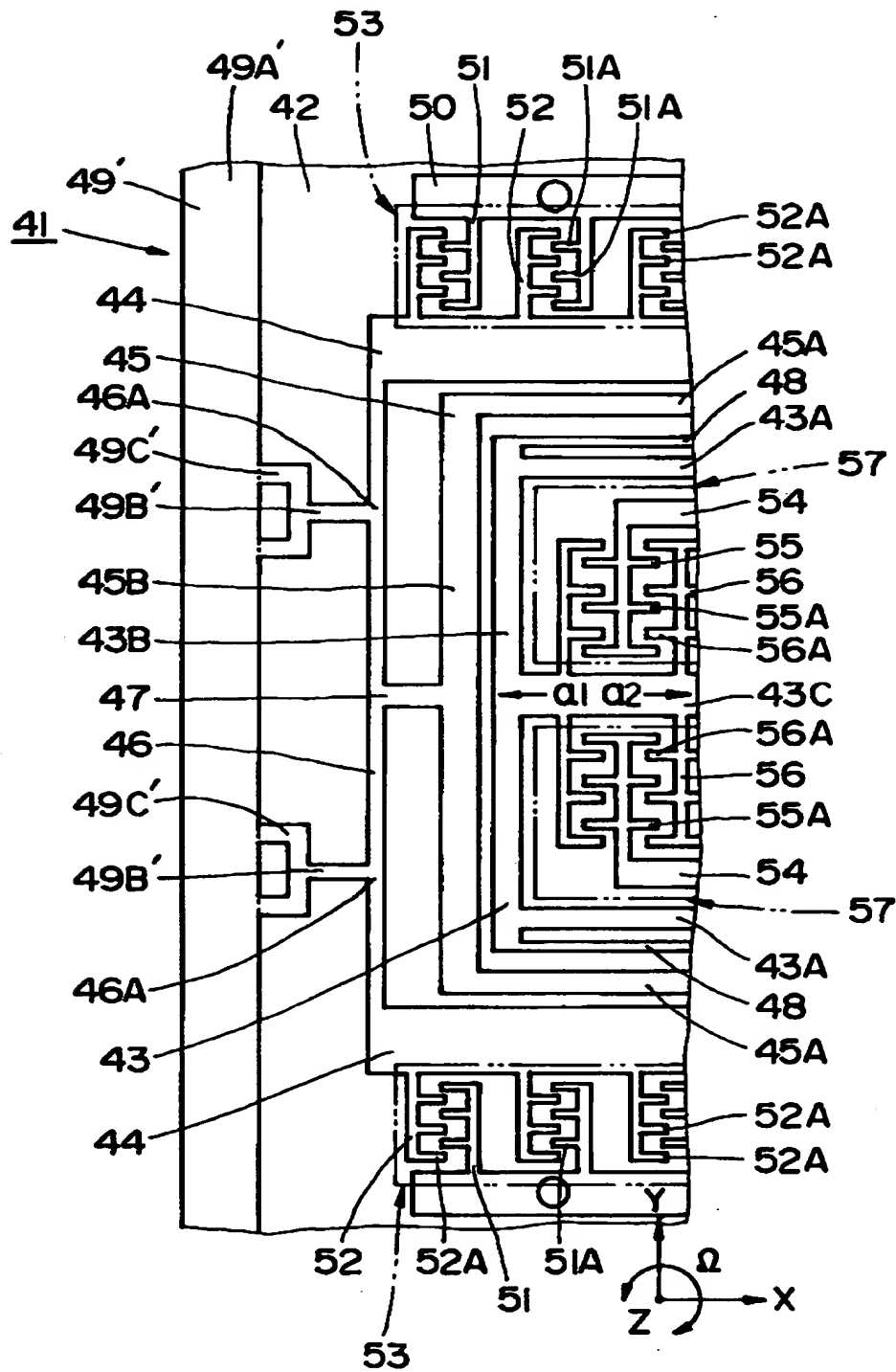
【図 16】



【図17】



【図18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 各質量部を連結する支持梁を適切な位置で支持することにより、質量部の振動が基板に伝わるのを防止し、検出精度を高めて信頼性を向上させる。

【解決手段】 中央質量部 3 と一対の外側質量部 4, 4 とを支持梁 5 によって X 軸方向に変位可能に連結する。そして、角速度センサ 1 の作動時には、振動発生手段 10 によって質量部 3, 4 を X 軸方向に対して互いにほぼ逆位相で振動させ、この状態で Y 軸周りの角速度 Ω が加わるときには、質量部 3, 4 が Z 軸方向に変位するときの変位量を角速度 Ω として検出する。また、基板 2 上に設けた固定部 6 は、支持梁 5 のうち質量部 3, 4 が互いに逆位相で振動するときの節に対応する節部 5 A を支持することにより、質量部 3, 4 の振動が基板 2 に伝わるのを抑制する。

【選択図】 図 1

特 2 0 0 0 - 4 0 2 3 9 5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 4 0 2 3 9 5
受付番号	5 0 0 0 1 7 0 5 8 4 5
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 3 年 1 月 9 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年12月28日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
氏 名 株式会社村田製作所